

Rozdział II

ŚRODOWISKOWE CZYNNIKI FIZYCZNE WPŁYWAJĄCE NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

Człowiek jest nieustannie narażony na działanie czynników fizycznych i chemicznych – naturalnych i wytwarzanych sztucznie. W wielu przypadkach są one niezauważalne lub nie powodują patologicznych reakcji organizmu. Wraz z rozwojem techniki zwiększa się jednak ich natężenie, przez to także oddziaływanie na organizm staje się wyraźniejsze.

W środowisku pracy wyróżniamy czynniki:

- niebezpieczne – których oddziaływanie na człowieka pracującego prowadzi lub może prowadzić do urazu lub zatrucia,
- szkodliwe – których oddziaływanie prowadzi lub może prowadzić do schorzenia pracownika lub jego potomstwa.

Do wyżej wymienionych czynników fizycznych zalicza się:

- hałas,
- oświetlenie,
- infradźwięki,
- ultradźwięki,
- wibracje,
- pył przemysłowy,
- temperaturę powietrza,
- wilgotność powietrza,
- ruch powietrza,
- jonizację powietrza,
- promieniowanie jonizujące,
- promieniowanie laserowe,
- promieniowanie nadfioletowe,
- promieniowanie podczerwone,
- pole elektromagnetyczne,
- nieważkość,
- ciśnienie.

Oprócz czynników fizycznych wyróżniamy wiele czynników chemicznych, biologicznych i psychofizycznych wpływających na zdrowie człowieka.

1. HAŁAS

Hałas jest najgroźniejszym czynnikiem fizycznym oddziałującym na ludzi oraz biologiczne składowe ekosystemu, w środowisku bytowania człowieka i w środowisku pracy. Hałas o poziomie natężenia powyżej normy obejmuje 21% powierzchni kraju, oddziałując na jedną trzecią ludności. Wpływ jego jest często bagatelizowany, dlatego że skutki oddziaływania hałasu nie są dostrzegalne natychmiast.

Żaden człowiek nie powinien być narażony na hałas o poziomie zagrażającym zdrowiu lub jakości życia. Dopuszczalny poziom hałasu w terenie zabudowanym w porze dziennej wynosi 60 dB (od 6.00 do 22.00), w porze nocnej 50 dB. Ekspozycja populacji na hałas o poziomie powyżej 65 dB powinna zostać zlikwidowana, pod żadnym pozorem nie wolno dopuścić, aby ekspozycja na hałas była wyższa niż 85 dB, jak to wynika z dyrektywy 2002/49/WE oraz Dz.U. z dnia 13 sierpnia 2004 roku.

Hałas w pomieszczeniach mieszkalnych nie powinien przekroczyć 40 dB w ciągu dnia, natomiast w nocy o dziesięć dB mniej.

Tabela 1

Przykładowe dopuszczalne poziomy natężenia hałasu w pomieszczeniach zamkniętych

Dopuszczalny poziom hałasu w pomieszczeniach zamkniętych wynikający z PN		
	Dzień (dB)	Noc (dB)
Pomieszczenia mieszkalne	40	30
Kuchnie i pomieszczenia sanitarne	45	40
Pokoje w hotelach II kat. i niższych	45	35
Pokoje chorych w szpitalach	35	30
Restauracje	50	50
Sklepy	50	50

Człowiek może być narażony również na działanie tzw. hałasu pogłosowego. Jest on wynikiem docierania do ucha tego samego dźwięku z różnych stron. Dźwięki te są opóźnione w czasie, przez co słyszymy je kilkakrotnie. Przy opóźnieniach czasowych wynoszących 0,5 sekundy lub mniej człowiek ma problem z rozróżnieniem dźwięków, co odbierane jest jako szum zakłócający.

Hałasem nazywamy wszelkie niepożądane, nieprzyjemne i dokuczliwe lub szkodliwe dźwięki (drżania ośrodka sprężystego), które oddziałują za pośrednictwem powietrza na narząd słuchu i inne zmysły oraz elementy organizmu człowieka.

Fale dźwiękowe są podłużnymi falami mechanicznymi rozchodzącymi się w trzech ośrodkach: w ciałach stałych, cieczech i gazach. Fale dźwiękowe to fale, które wywołują wrażenie słyszenia w działaniu na ludzkie ucho i mózg.

Ze względu na przebieg w czasie, hałas określa się jako ustalony lub nieustalony (zmienny w czasie, przerywany). Rodzajem hałasu nieustalonego jest tzw. hałas impulsowy, składający się z jednego lub wielu zdarzeń dźwiękowych, każde o czasie trwania mniejszym niż 1 s.

Ze względu na charakter oddziaływania hałasu na organizm człowieka, wyróżnia się hałas:

- **szkodliwy** – wywołuje trwałe skutki w organizmie człowieka;
- **uciążliwy** – nie wywołuje trwałych skutków w organizmie człowieka, utrudnia jednak wykonywanie określonych czynności.

Istnieją również inne podziały hałasu, na przykład podział uwzględniający przyczynę jego powstania i klasyfikację jego źródeł. Wyróżnia się przykładowo hałas aerodynamiczny, powstający w wyniku przepływu powietrza lub innego gazu oraz hałas mechaniczny, powstający wskutek tarcia i zderzeń ciał stałych, w tym głównie części maszyn.

Stosowany jest również podział ze względu na środowisko, w którym hałas występuje. Hałas w przemyśle, zwany jest hałasem przemysłowym, hałas w pomieszczeniach mieszkalnych, miejscach użyteczności publicznej i terenach wypoczynkowych – hałasem komunalnym, a w środkach komunikacji – hałasem komunikacyjnym.

Tabela 2

Hałas komunikacyjny (drogowy, tramwajowy, kolejowy, lotniczy)

Źródło lub okoliczności ekspozycji na hałas komunikacyjny	Poziom ciśnienia dźwięku w dB A
Ruch samochodowy	60–95
Wewnątrz autobusów	60–90
Wewnątrz samochodów osobowych	70–90
W pociągach pasażerskich	72–85
W pobliżu torów kolejowych	85–105
Motocykle	100–115
W kabinach ciężarówek	75–100
W kokpicie małych samolotów	80–110

Tabela 3

Hałas pochodzenia domowego

Źródło lub okoliczności ekspozycji na hałas w warunkach domowych	Poziom ciśnienia dźwięku w dB A
Miksery	65–85
Odkurzacze	60–85
Łodówki	45–70
Kosiarki do trawy	80–95
Zabawki dziecięce mechaniczne	65–97

Tabela 4

Hałas pochodzący z głośnego słuchania muzyki

Źródło ekspozycji na hałas	Poziom ciśnienia dźwięku w dB
Koncerty rockowe	125 dB
Radio, odtwarzacze samochodowe, walkmany, diskmany	90 dB

Tabela 5

Hałas pochodzący ze szkół

Szkoły w ruchliwych rejonach miast	* (od ulic) 73 dB * (od boisk sportowych szkoły) 50 dB * podczas przerw 67–90 dB
Szkoły poza granicami miast lub w rejonach zieleni mają dobre warunki akustyczne	
Szkoły stare o grubych murach mają lepszy klimat akustyczny niż nowo budowane	
Szkoły zawodowe	* na korytarzach podczas przerw 73–90 dB * w warsztatach szkolnych: urządzenia do obróbki plastycznej 105 dB maszyny do obróbki skrawaniem 80–90 dB warsztaty do obróbki drewna 92–102 dB warsztaty włókiennicze 90–105 dB w warsztatach elektrycznych, spawalniczych, gastronomicznych, rzemieślniczych 80 dB

Hałas pochodzący z przemysłu waha się w zależności od rodzaju wykonywanych prac, tak jak w warsztatach w szkołach zawodowych.

Tabela 6

Hałas pochodzący z gospodarki komunalnej

Źródło ekspozycji na hałas	Poziom ciśnienia dźwięku w dB
Wozy asenizacyjne	80–95
Kosiarka spalinowa do trawy	80–90
Piła tarczowa przy ścinaniu gałęzi	80–95

Z definicji hałasu wynika, że samo zjawisko dźwiękowe w tym samym czasie lub miejscu dla jednej osoby może być dźwiękiem niepożądanym, a dla drugiej pożądanym, czego przykładem jest muzyka – miła, gdy słuchamy jej z własnej woli, przykra, gdy jesteśmy zmuszeni do jej słuchania (np. mieszkania obok dyskotek).

Wyróżniamy trzy zakresy fal ze względu na zakres częstotliwości:

- hałas słyszalny – hałas w którego widmie występują składowe o częstotliwościach słyszalnych od 16 Hz do 21 000 Hz;

- hałas infradźwiękowy (poddźwiękowy) – hałas w którego widmie występują składowe o częstotliwościach infradźwiękowych od 2 do 16 Hz i częstotliwościach słyszalnych do 50 Hz;
- hałas ultradźwiękowy – hałas w którego widmie występują składowe o częstotliwościach słyszalnych i ultradźwiękowych od 10 do 100 kHz.

Hałas słyszalny

Fale słyszalne powstają w wyniku drgań strun, słupów powietrza, drgań różnych płyt i membran. Wszystkie te elementy drgające na przemian zgęszczają i rozrzedzają powietrze. Zgęszczanie następuje w czasie ruchu do przodu, rozrzedzanie w czasie ruchu do tyłu. Powietrze przenosi te zaburzenia na duże odległości od źródła w postaci fali. Fale te po dotarciu do ucha ludzkiego wywołują wrażenie dźwięku. Fale, które są w przybliżeniu periodyczne dostarczają wrażenie przyjemnych. Dźwięki o widmie liniowym, dla których kształt fali nie jest periodyczny, są słyszalne jako szумы.

Hałas infradźwiękowy

Infradźwięki, które wchodzą w skład hałasu infradźwiękowego są odbierane w organizmie głównie przez narząd słuchu. Jednak słyszalność ich zależy od poziomu ciśnienia akustycznego. Stwierdzono dużą zmienność osobniczą w zakresie odbierania dźwięków głównie dla najniższych częstotliwości. Progi słyszenia infradźwięków są tym wyższe, im niższa jest ich częstotliwość na przykład: dla częstotliwości 6–8 Hz około 100 dB, dla częstotliwości 12–16 Hz około 90 dB. Drugą drogą odbioru infradźwięków są receptory czucia wibracji. Progi tej percepcji znajdują się o 20–30 dB wyżej niż progi słyszenia.

Na stanowiskach pracy hałas jest charakteryzowany za pomocą poziomu ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych o częstotliwościach środkowych 8, 16 i 31,5 Hz. Poziom ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy odniesiony do ośmiogodzinnej ekspozycji na hałas infradźwiękowy w ciągu doby nie może przekraczać wartości podanych w poniższej tabeli.

Tabela 7

Dopuszczalne i maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego przy częstotliwości 8,16 i 31,5 Hz dla hałasu infradźwiękowego (wg Dołęgowskiego, Janczała, *Praktyczny poradnik dla służb bhp*)

Częstotliwość	Dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego [dB]	Maksymalny dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego [dB]
8, 16	110	137
31,5	105	132

Hałas ultradźwiękowy

Ultradźwięki wchodzące w skład hałasu ultradźwiękowego mogą wnikać do organizmu przez narząd słuchu oraz przez całą powierzchnię ciała. Badania wpływu hałasu ultradźwiękowego na narząd słuchu są utrudnione, ponieważ w przemyśle ultradźwiękom towarzyszy hałas słyszalny. Z tego powodu trudno jest określić czy zmiany słuchu osób badanych występują na skutek oddziaływania tylko składowych słyszalnych czy ultradźwiękowych, czy obu na raz. Stwierdzono ujemny wpływ działania ultradźwięków na narząd przedsionkowy w uchu wewnętrznym, który objawia się bólami i zawrotami głowy, zaburzeniami równowagi, nudnościami, sennością w ciągu dnia, nadmiernym zmęczeniem. Również hałas ultradźwiękowy o poziomie ponad 80 dB w zakresie wysokich częstotliwości słyszalnych i ponad 100 dB w zakresie niskich częstotliwości ultradźwiękowych, wywołuje zmiany o charakterze wegetatywno-naczyniowym.

Hałas ultradźwiękowy jest charakteryzowany przez poziom ciśnienia akustycznego w pasmach tercjowych o częstotliwościach środkowych 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80 i 100 kHz.

Poziom ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy odniesiony do ośmiogodzinnej ekspozycji na ten rodzaj hałasu w ciągu doby nie może przekraczać poniższych wartości.

Tabela 8

Dopuszczalne i maksymalne poziomy ciśnienia akustycznego przy odpowiednich częstotliwościach dla hałasu ultradźwiękowego (wg Dołęgowskiego, Janczała, Praktyczny poradnik dla służb bhp)

Częstotliwość	Dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego [dB]	Maksymalny dopuszczalny poziom ciśnienia akustycznego [dB]
10,0	80	100
12,5	80	100
16,0	80	100
20,0	90	110
25,0	105	125
31,5; 40; 50; 63; 80; 100	110	130

Każdy bodziec słuchowy o wartościach przekraczających próg słyszalności (najmniejsze natężenie fali potrzebne do wywołania wrażenia dźwiękowego) doprowadza do wrażenia słuchowego, którego miejscem jest ośrodek słuchu w korze mózgowej. Każdy bodziec akustyczny wnika poprzez ucho do narządu Cortiego. Komórki rzęsaty narządu Cortiego transformują mechaniczne sygnały akustyczne na nerwowe impulsy bioelektryczne, które są przesyłane drogą nerwową przez ośrodki podkorowe do ośrodków słuchowych w korze mózgowej, gdzie dźwięk jest analizowany pod względem głośności, a także informacji w nim zawartych (w ośrodku pamięciowym słuchu).

Po odebraniu dźwięku zstępującą drogą słuchową są wywołane impulsy do efektów rozmieszczonych w całym organizmie.

Połączenia takie zapewniają wielotorowość nerwowej drogi słuchowej i jej skrzyżowania w ośrodku podkorowym, gdzie znajduje się twór siatkowaty i układ limbiczny, odgrywające podstawową rolę w sterowaniu reakcjami organizmu na hałas.

Hałas w środowisku pracy jest charakteryzowany przez:

- hałas maszyn,
- procesy technologiczne.

Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w miejscu pracy określają przepisy, normy i zalecenia. Najbardziej ogólnym przepisem jest rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej, które określa dopuszczalny poziom hałasu na stanowisku pracy (Dz.U. RP Nr 178, poz. 1841, Warszawa 2004).

Do określenia dokładnych wartości hałasu dopuszczalnego trzeba brać pod uwagę między innymi czas działania hałasu oraz jego maksymalne i szczytowe wartości:

- 1) poziom ekspozycji dziennej (8 godz.) nie powinien przekraczać 85 dB;
- 2) poziom ekspozycji na hałas, który jest odniesiony do ośmiogodzinnego dobowego wymiaru czasu pracy i odpowiadającą mu ekspozycję dzienną lub poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy i odpowiadającą mu ekspozycję tygodniową (wyjątkowo w przypadku hałasu oddziałującego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach w tygodniu);
- 3) maksymalny poziom dźwięku;
- 4) szczytowy poziom dźwięku.

Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do ośmiogodzinnego dobowego wymiaru czasu pracy nie powinien przekraczać wartości 85 dB, a odpowiadająca mu ekspozycja dzienna nie powinna przekraczać $3,64 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, natomiast poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy nie powinien przekraczać 85 dB, a odpowiadająca mu ekspozycja tygodniowa $18,2 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$.

Maksymalny poziom dźwięku nie powinien być większy niż 115 dB, a szczytowy poziom dźwięku nie powinien przekraczać wartości 135 dB.

Jeżeli w zakładach pracy jest niemożliwe (ze względów technologicznych) zmniejszenie powyższych parametrów hałasu, pracownicy powinni stosować ochroniacze słuchu odpowiednie do wysokości natężenia hałasu.

Uważa się, że ekspozycja na hałas przekraczająca 85 dB może nie być szkodliwa dla zdrowia w przypadku stosowania przerw w pracy lub ograniczenia czasu pracy w ekspozycji. Na przykład praca w ciągłym hałasie w granicach 95–100 dB nie może trwać dziennie dłużej niż 40–100 minut, a praca w hałasie do 110 dB – nie dłużej niż 10 minut dziennie.

W pomieszczeniach przeznaczonych do pracy umysłowej, biurowej dopuszczalne natężenie hałasu zawiera się w granicach 55–65 dB.

Obowiązująca w Polsce norma przeciwdźwiękowa ochrony budynków ustala średnią dopuszczalną intensywność hałasu na następującym poziomie:

- dla gabinetów pracy umysłowej – 15 dB,
- dla biur o małym ruchu – 35 dB,
- dla biur zwykłych – 40 dB.

Same budynki biurowe powinny być izolowane od hałasu ulicznego pasami zieleni, które redukują hałas o 10–30 dB.

Wielkości charakteryzujące zjawiska akustyczne:

- prędkość rozchodzenia się fali akustycznej (prędkość dźwięku) – prędkość rozprzestrzeniania się zaburzenia równowagi ośrodka;
- okres drgań akustycznych – najmniejszy przedział czasu, po którym powtarza się ten sam stan obserwowanego zjawiska (drżania lub zaburzenia);
- faza drgań akustycznych – wielkość wyznaczająca odchylenie drgającej cząstki w danym punkcie i w danej chwili od średniego położenia cząstki;
- częstotliwość drgań akustycznych (częstotliwość dźwięku) – to liczba okresów drgań w jednostce czasu;
- długość fali akustycznej – odległość między dwoma kolejnymi punktami, mierzona w kierunku rozchodzenia się zaburzenia, w którym drżania mają tę samą fazę.

Cechy fizyczne fal dźwiękowych:

- moc akustyczna – ilość energii emitowana przez źródło w jednostce czasu [W];
- natężenie dźwięku – ilość energii przepływającej w jednostce czasu przez 1 m² powierzchni [W/m²];
- częstotliwość drgań – różnica między ciśnieniem statycznym a ciśnieniem w danej chwili (w czasie zakłócenia) [N/m²];
- widmo akustyczne – zależność między natężeniem dźwięku lub ciśnieniem akustycznym a częstotliwością drgań mechanicznych;
- miara głośności – bel – dźwięk o natężeniu 10-krotnie większym niż próg słyszalności, 2 bele – dźwięk o natężeniu 100-krotnie większym niż próg słyszalności; decybel, – dźwięk o natężeniu 10-krotnie mniejszym od belą poziom mocy akustycznej – podstawowa wielkość charakteryzująca emisję hałasu z jego źródła; stosowana do oceny hałasu maszyn;
- próg słyszalności – najmniejsze natężenie fali (lub najmniejsze ciśnienie akustyczne) potrzebne do wywołania wrażenia dźwiękowego;
- próg bólu – natężenie fali dźwiękowej przy którym zaczynamy odczuwać ból (największą wrażliwość wykazuje ucho ludzkie przy częstotliwości 1–6 kHz, najmniejszą przy tonach niskich).

Szkodliwe działanie hałasu zależy od:

- czasu działania hałasu,
- charakteru hałasu,
- osobniczej wrażliwości na działanie hałasu,
- poziomu natężenia (ciśnienia) akustycznego,
- udziału częstotliwości drgań w widmie hałasu.

Przy jednakowym poziomie i czasie trwania hałas jest tym bardziej szkodliwy, im w węższym paśmie częstotliwości występuje. Szkodliwość hałasu zależy też od tego, w jakiej części widma znajdują się jego wartości szczytowe.

Wpływ hałasu na organizm człowieka:

Szkodliwe działanie hałasu na organizm człowieka polega na:

- 1) uszkodzeniu narządu słuchu;
- 2) pozasłuchowym działaniu hałasu na organizm, czyli na podstawowe układy, narządy i zmysły człowieka.

Ad. 1. Uszkodzenie narządu słuchu może występować w postaci osłabienia słuchu lub głuchoty. Wielkość uszkodzeń zależy od: natężenia dźwięku, częstotliwości, czasu pracy, wrażliwości osobniczej, wieku pracownika.

Uszkodzenie słuchu spowodowane hałasem cechuje się tym, że najbardziej osłabiona lub całkowicie zniesiona jest percepcja przy 4000 Hz.

Ucho ludzkie jest wrażliwe na częstotliwości w zakresie 16–21 000 Hz. Trzeba przy tym wiedzieć, że zakres powyżej 15 000 Hz jest słyszalny jedynie przez dzieci i w wieku starszym jest już trwale niedostępny. Natomiast największą czułość ucho ludzkie wykazuje w częstotliwościach 2000–3000 Hz. Górna granica słyszalności przebiega na poziomie 110–120 dB. Przy takim natężeniu występuje uczucie bólu w uszach, a przekroczenie tej granicy powoduje uszkodzenie słuchu. Natężenia przekraczające o 30 dB tę granicę bezpowrotnie uszkadzają słuch.

Fizjologiczne ubytki słuchu związane z wiekiem różnią się u obu płci. Mężczyźni znacznie wcześniej zaczynają tracić słuch.

Ubytki słuchu dzielimy na:

1. Niedosłuch lekkiego stopnia – ubytki do 40 dB, występują wady artykulacji.
2. Niedosłuch średniego stopnia – ubytki od 45 do 65 dB, ubytki w zakresie mowy (250–2500 Hz), występują trudności w zrozumieniu mowy.
3. Niedosłuch głęboki – ubytki od 70 do 85 dB, występują bardzo duże zaburzenia w zrozumieniu mowy.
4. Resztki słuchowe i głuchota – pozostały jedynie wysepki słuchowe w częstotliwości powyżej 1000 Hz i natężeniu powyżej 85 dB – odczuwa się dźwięki jako wibracje.

Do najczęściej spotykanych zaburzeń słuchu należą:

I. Głuchota dziedziczna i głuchota wrodzona

Najczęstsze przyczyny:

- 1) choroby matki w okresie ciąży:
 - a) różyczka (w 1. i 2. miesiącu ciąży),
 - b) toksoplazmoza,
 - c) kiła wrodzona,
 - d) ciężkie schorzenia, między innymi cukrzyca i schorzenia nerek;
- 2) czynniki toksyczne (związki ototoksyczne) i zaburzenia hormonalne. Na narząd słuchu szkodliwie działają niektóre antybiotyki (streptomycyna, kanamycyna, neomycyna, gentamycyna). Ucho wewnętrzne płodu uszkadza chinina, talidomid, sole metali ciężkich. Uszkadzająco na słuch płodu działają preparaty hormonalne oraz nadmiar lub niedobór witamin. Do uszkodzenia słuchu płodu może przyczynić się spożywany przez kobiety alkohol i nikotyna oraz narkotyki.

Ponieważ właściwości tłumiące ścian brzucha i macicy zmniejszają się wraz z postępem ciąży, kobiety ciężarne powinny unikać przebywania w otoczeniu hałasu o podwyższonym natężeniu,

- 3) głuchota okołoporodowa – najczęściej powstaje w wyniku zastosowania w czasie porodu kleszczy, ekskawatora próżniowego lub pomocy ręcznej.

II. Głuchota nabyta

- **głuchota wczesnego dzieciństwa** może być spowodowana:
 - 1) chorobami zakaźnymi: zapalenie opon mózgowych, świnka, odra, płonica, błonica, dur, uszkodzenia po szczepieniach,
 - 2) związkami ototoksycznymi,
 - 3) chorobami zapalnymi i nieżytowymi ucha środkowego,
 - 4) chorobami przewlekłymi: cukrzyca, zapalenie nerek, gościec, hipoglikemia, niedoczynność tarczycy,
 - 5) urazami;
- **głuchota czynnościowa** to nagły ubytek słuchu obejmujący kilka częstotliwości o natężeniu powyżej 30 dB; przyczyny to:
 - 1) urazy,
 - 2) zaburzenia naczyniowe tętnicy słuchowej wewnętrznej,
 - 3) zmiany hematologiczne,
 - 4) uszkodzenia wywołane przez drobnoustroje,
 - 5) uszkodzenia wirusowe,
 - 6) uszkodzenia ototoksyczne,
 - 7) uszkodzenia alergiczne;
- **głuchota starcza**; starcze osłabienie słuchu różni się od uszkodzenia spowodowanego hałasem tym, że zaczyna się już od 45. roku życia i obejmuje częstotliwości najwyższe.

Uszkodzenia słuchu można rozróżnić, wykonując **badanie audiometryczne**.

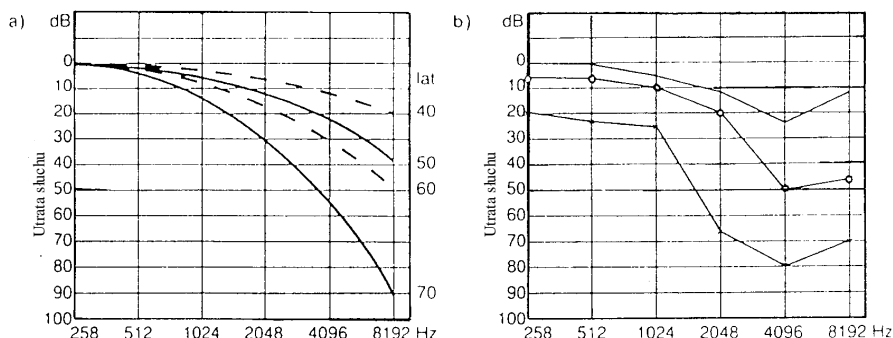
Żeby ocenić jakościowo i ilościowo słuch, należy zapewnić określone warunki badania (pomieszczenie izolowane akustycznie, ściany pokryte od wewnątrz materiałem porowatym o dużej chłonności akustycznej). Dzięki temu fale akustyczne są dobrze pochłaniane i skraca się czas pogłosu we wnętrzu kabiny.

Audiometr jest urządzeniem elektroakustycznym, który generuje sygnały powtarzalne pod względem jakościowym i ilościowym. Są one przekazywane do narządu słuchu człowieka za pomocą słuchawek i odbierane jako wrażenie dźwiękowe. Zakres częstotliwości objętych pomiarem wynosi najczęściej od 125 do 8000 Hz. Natężenie dźwięku można zmienić od 10 dB do 90–100 dB. Regulacja natężenia może być płynna lub skokowa, zależnie od typu aparatu.

W audiometrii bardzo ważne jest „zagłuszenie” ucha niebadanego. Wyłączenie wykonuje się tzw. białym szumem, który jest mieszaniną wielu częstotliwości podawanych z takim samym natężeniem. Progiem słyszenia dla człowieka nazywa się moment, w którym badany sygnalizuje, że słyszał nadawany ton. Wyniki nanosi się na siatkę audiogramu.

Według Instytutu Medycyny Pracy w Polsce liczbę osób zatrudnionych w ekspozycji na hałas (> 90 dB) ocenia się na 600 000 pracowników. Zawodowe uszkodzenie

słuchu jest najczęściej stwierdzaną chorobą zawodową. Rocznie wykrywa się 3000 nowych przypadków głuchoty zawodowej. Na świecie żyje ponad 40 mln ludzi ze znacznie uszkodzonym słuchem. W Polsce notuje się ponad 600 000 osób z zaburzeniami słuchu wymagającymi protez słuchowych. W krajach rozwiniętych przemysłowo na 1000 porodów rodzi się 1 dziecko głuche. W Polsce odsetek dzieci z ciężkimi zaburzeniami słuchu wzrasta z wiekiem i wynosi 0,005% populacji niemowląt, 0,12–0,77% dzieci w wieku przedszkolnym i 0,17–1,1% dzieci w wieku szkolnym.



Ryc. 1. Porównanie audiogramu w przypadku starczego osłabienia słuchu (a) z audiogramem pracownika, u którego stwierdza się osłabienie słuchu spowodowane hałasem (b) (wg Marcinkowskiego, *Podstawy higieny*)

Badania audiometryczne ujawniają rozwój trwałego ubytku słuchu. Średni trwały ubytek słuchu wynoszący 30 dB przy częstotliwości 1000, 2000 i 4000 Hz, po stronie ucha, za pomocą którego lepiej słyszymy i po uwzględnieniu fizjologicznego ubytku związanego z wiekiem, stanowi tzw. **ubytek krytyczny**. Jest on kryterium rozpoznania i orzeczenia zawodowego uszkodzenia słuchu jako choroby zawodowej.

Skutki wpływu hałasu:

- uszkodzenie struktur anatomicznych narządu słuchu powodujące niedosłuch aż do całkowitej głuchoty (130–140 dB), na przykład perforacje, ubytki błony bębenkowej, mechaniczne uszkodzenia struktur narządu słuchu, czyli objawy tzw. ostrego urazu akustycznego;
- upośledzenie sprawności słuchu na ogół bez widocznych uszkodzeń elementów anatomicznych narządu, będące wynikiem długotrwałego przebywania w hałasie o poziomie dźwięku około 80 dB, powodującego stan przeciążenia narządów słuchu (objawem jest spadek ostrości słyszenia, jako wynik podwyższenia progu słyszenia).

Ad. 2. Niekorzystne działanie hałasu zależy od:

- nastawienia człowieka do hałasu, w jakim pracuje,
- obciążenia pracą umysłową,
- stopnia trudności wykonywanych czynności,
- konieczności koncentracji.

Wykazano, że uchwytne zaburzenia funkcji fizjologicznych organizmu występują po przekroczeniu poziomu ciśnienia akustycznego 75 dB. Bodźce akustyczne o poziomie 55–75 dB mogą rozpraszać uwagę, co może niekorzystnie wpływać na wydajność

pracy. Silne bodźce akustyczne o poziomie ciśnienia akustycznego powyżej 110–120 dB wpływają na funkcje narządów zmysłu, wywołując na przykład zaburzenia widzenia, równowagi i dotyku. Przebywanie w hałasie zmniejsza możliwość skupienia uwagi człowieka, co prowadzi do upośledzenia sprawności wykonywanych prac umysłowych o 60%, a fizycznych o 30%. Hałas powoduje zaburzenia funkcjonalne związane z upośledzeniem regulacji wegetatywnej określane jako działanie pozasłuchowe hałasu.

Objawy pozasłuchowego działania hałasu to: zmiana rytmu oddychania i tętna, zmiana ciśnienia krwi, zmiana perystaltyki jelit, nasilenie choroby wrzodowej, zaburzenia w gospodarce wodno-elektrolitowej, spadek poziomu glukozy we krwi.

Utrudnione porozumiewanie się ustne w hałasie o poziomie natężenia 80–90 dB oraz maskowanie sygnałów ostrzegawczych zwiększa uciążliwość warunków pracy, zmniejszając jej wydajność, jak również zwiększając liczbę wypadków przy pracy. Z tego powodu kryterium zrozumiałości mowy jest jednym z ważniejszych kryteriów oceny hałasu w środowisku.

W środowisku, w którym panuje natężenie dźwięku 0–30 dB minimalnym głosem dla nas słyszalnym jest szept, od 30–55 dB głos normalny, 60–75 dB głos podniesiony, 80–95 dB rozmowa jest utrudniona, 95–100 dB krzyk, powyżej 100 dB porozumienie się jest niemożliwe.

Hałas powoduje:

- stres,
- szkodliwe działanie na ośrodkowy układ nerwowy,
- utrudnienie wypoczynku, nauki, pracy umysłowej, snu,
- zmęczenie, depresje, obniżenie sprawności umysłowej, zwiększoną drażliwość i pobudliwość,
- pogorszenie wzroku,
- pogorszenie adaptacji do ciemności i spostrzegania barw.

Pod wpływem pracy w hałasie rozwija się **zespół rzekomo nerwicowy**.

Objawy zespołu rzekomo nerwicznego to: bóle głowy, bezsenność, drażliwość, kołatanie serca, biegunka, ubytek masy ciała, brak apetytu. Po ustąpieniu hałasu dolegliwości powyższe znikają. Jeżeli pracownik narażony jest stale na hałas, to z czasem pojawiają się zaburzenia wegetatywne. Nasilają się objawy wielu chorób (nerwicy, choroby wrzodowej, nadciśnienia tętniczego).

Tabela 9

Skutki ekspozycji na hałas

Skutki swoiste	Skutki nieswoiste
<ul style="list-style-type: none"> – wpływ na odbiór mowy – wpływ na naukę, prace fizyczne i umysłowe, wypoczynek – trudności w zasypianiu – wpływ na sen 	<ul style="list-style-type: none"> – reakcja ze strony układu krążenia przejawiająca się wzrostem częstości skurczów serca, podniesieniem ciśnienia krwi, zwężeniem naczyń krwionośnych – reakcja układu gruczołowy o wydzielaniu dokrewnym <ul style="list-style-type: none"> – wzrost wydzielania adrenaliny, wzrost stężenia kortykosteronu w osoczu krwi, wpływ na układ pokarmowy polegający na zmianie funkcji wydzielniczej żołądka i zmianie szybkości perystaltyki jelit

Ludzie narażeni na silny hałas zapadają częściej na:

- schorzenia układu krążenia,
- schorzenia górnych dróg oddechowych,
- chorobę nadciśnieniową,
- chorobę wrzodową żołądka,
- osłabienie uczucia bólu,
- zaburzenia zmysłu dotyku.

Ze względu na cel (określenie emisji hałasu urządzeń lub ocena narażenia ludzi) metody pomiarów hałasu dzieli się na:

1. Metody pomiarów hałasu urządzeń.
2. Metody pomiarów hałasu w miejscach, w których przebywają ludzie, czyli na stanowiskach pracy.

Ad. 1. Stosuje się w celu określenia wielkości jakie charakteryzują emisję hałasu urządzeń, stanowiących oddzielne źródło hałasu. Mierzy się: poziom mocy akustycznej lub poziom ciśnienia akustycznego emisji hałasu na stanowisku pracy danego urządzenia lub w innych określonych miejscach. Wybór wielkości zależy od wartości emisji hałasu. Poziom mocy akustycznej musi być podany, gdy uśredniony poziom ciśnienia akustycznego emisji (równoważny poziom dźwięku) na stanowisku pracy urządzenia przekracza 85 dB.

Ad. 2. Stosuje się w celu określenia wielkości narażenia ludzi na działanie hałasu na stanowisku pracy i w określonych miejscach ich przebywania względem źródeł hałasu, niezależnie od ich rodzaju i liczby.

Wyniki pomiaru służą do porównania istniejących warunków akustycznych z warunkami określonymi przez normy i przepisy higieniczne.

Metody pomiarów:

- bezpośrednie – stosuje się dozymetry hałasu lub całkujące mierniki poziomu dźwięku; metoda umożliwia otrzymanie wyników, które dokładnie oddają narażenie pracownika na hałas;
- pośrednie – stosuje się zwykle mierniki poziomu dźwięku z jednoczesnym określeniem czasu trwania dźwięku;
- przez umieszczenie mikrofonu, który powinien być ulokowany w miejscu gdzie znajduje się głowa pracownika; pomiar powinien być wykonany podczas jego nieobecności; mikrofon musi być umieszczony w odległości większej niż 1 m od ściany; 1,2 m nad podłogą; 1,5 m od okien.

Sposoby ograniczania narażenia na hałas:

- stosowanie mało hałaśliwych procesów technologicznych niepowodujących nadmiernego hałasu;
- stosowanie maszyn i innych urządzeń technicznych powodujących możliwie najmniejszy hałas, nieprzekraczających dopuszczalnych wartości;
- stosowanie rozwiązań obniżających poziom hałasu w procesach pracy;
- mechanizacja i automatyzacja procesów technologicznych;

- właściwe zaplanowanie zakładu pracy;
- stosowanie środków ochrony przeciwdźwiękowej;
- stosowanie środków ochrony przeciwwibracyjnej;
- indywidualne ochrony słuchu (wata szklana, tłumiki wewnętrzne i zewnętrzne, hełmy ochronne, aktywne ochronniki słuchu, nauszники przeciwhałasowe z regulowanym tłumieniem, nhełmowe ochronniki, niezależne nauszники przeciwhałasowe),
- ograniczenie czasu ekspozycji na hałas, w tym stosowanie przerw w pracy na stanowiskach, na których poziom ekspozycji przekracza dopuszczalne normy;
- profilaktyczna działalność służby zdrowia: wstępna selekcja i eliminacja osób nadwrażliwych na hałas, osób ze schorzeniami słuchu, ośrodkowego układu nerwowego, z nadciśnieniem; audiometryczne badania okresowe, oświata zdrowotna (uświadamianie pracowników o istniejącym zagrożeniu oraz konieczności stosowania ochron słuchu);
- w przypadku narażenia na hałas badania ogólne wykonuje się co 4 lata, a badania otolaryngologiczne i audiometryczne przez pierwsze 3 lata pracy w hałasie – co rok, a następnie co 3 lata; w razie ujawnienia podczas okresowego badania audiometrycznego ubytków słuchu charakteryzujących się szybkim postępem rozwoju, częstotliwość badań audiometrycznych musi się zwiększyć (skraca się przerwy między kolejnymi testami do 1 roku lub 6 miesięcy).

Ze względu na różne oddziaływanie hałasu na organizm, a tym samym różną szkodliwość dla zdrowia, hałasy słyszalne można podzielić w zależności od ich poziomu na pięć grup:

- 1) poniżej 35 dB – nieszkodliwe dla zdrowia, mogą być denerwujące lub przeszkadzać w pracy wymagającej skupienia;
- 2) 35–70 dB – wpływają na zmęczenie układu nerwowego człowieka, poważnie utrudniają zrozumiałość mowy, zasypianie i wypoczynek;
- 3) 70–85 dB – wpływają na znaczne zmniejszenie wydajności pracy, mogą być szkodliwe dla zdrowia i powodować uszkodzenie słuchu;
- 4) 85–130 dB – powodują liczne schorzenia organizmu ludzkiego, uniemożliwiają zrozumiałość mowy nawet z odległości 0,5 m;
- 5) powyżej 130 dB – powodują trwałe uszkodzenie słuchu, wywołują pobudzenie do drgań organów wewnętrznych człowieka powodując ich schorzenia.

2. WIBRACJE

Wibracje to drgania mechaniczne przekazywane z ciała stałego bezpośrednio na poszczególne tkanki lub cały organizm. Wibracje są drganiami cyklicznymi o częstotliwości większej niż 0,5 Hz.

Wibracja jako czynnik fizyczny środowiska jest rozpowszechniona w przyrodzie i wszystkie żyjące organizmy często spotykają się z jej działaniem.

Rzeczywistość techniki i mechanizacji dała możliwość korzystania ze swoich zdobyczy, ale także zmusił człowieka do przebywania w środowisku wibracyjnym wytworzonym zarówno przez urządzenia i maszyny techniczne, jak również pojazdy.

Z biegiem czasu u ludzi narażonych na działanie drgań mechanicznych pojawiły się zmiany organiczne i czynnościowe wywołane działaniem wibracji. Pojawiła się tzw. choroba wibracyjna (choroba zawodowa), nastąpiły zmiany w układzie nerwowym, naczyniowym i ruchowym.

Drgania mechaniczne mogą być czynnikiem roboczym celowo wprowadzanym przez konstruktorów do maszyn i urządzeń, jako element ważny w celu realizacji danych procesów technologicznych (służący do wibrorozdrabniania, wibroseparatorji, oczyszczania i mielenia wibracyjnego, kruszenia materiałów, wiercenia, szlifowania itp.).

Na podstawie drgań mechanicznych można również określić stan techniczny maszyny oraz jakość jej wykonania.

Niestety drgania mogą powodować zakłócenia w prawidłowym działaniu maszyn i urządzeń, zmniejszać ich trwałość i niezawodność.

Drgania wibracyjne przenoszone drogą bezpośredniego kontaktu z drgającym źródłem do organizmu człowieka mogą wywierać niekorzystny wpływ na jego zdrowie.

Biorąc pod uwagę bezpieczeństwo i ochronę człowieka w miejscu pracy, drgania mechaniczne (wibracje) są szkodliwym czynnikiem fizycznym, który powinno się eliminować lub ograniczać.

Człowiek jest narażony na dwa rodzaje wibracji:

- 1) wibrację ogólną,
- 2) wibrację miejscową.

Podział ten wynika z działania na ustrój człowieka, w zależności od miejsca wnikania energii wibracyjnej.

Wibracja miejscowa to drgania przenoszone na organizm człowieka z urządzenia (narzędzia ręczne) przez kończyny górne.

Wibracja ogólna dotyczy drgań przenoszonych z podłoża, na przykład podłogi, platformy drgającej, siedziska i podłogi środków transportu, maszyn budowlanych lub z innych urządzeń przez kończyny dolne, mięśnie i kości miednicy, czyli drgań przenoszonych na człowieka stojącego, siedzącego lub leżącego.

Ad. 1. Wibracja ogólna

Drgania te występują w środkach transportu i w pobliżu pracujących ciężkich maszyn. Na drgania mechaniczne o działaniu ogólnym narażeni są przede wszystkim kierowcy, motorniczowie, maszyniści, operatorzy maszyn budowlanych i drogowych. W tych przypadkach drgania są przenoszone do organizmu pracownika z siedzisk pojazdów przez miednicę, plecy i boki. Również drgania te mogą przenikać do organizmu pracownika przez jego stopy z drgającego podłoża, na którym znajduje się stanowisko pracy, w przypadku pracowników obsługujących w pozycji stojącej maszyny i urządzenia stacjonarne.

Wibracja ogólna powoduje rezonans narządów wewnętrznych. Przy dużych natężeniach mogą wystąpić mechaniczne uszkodzenia narządów, przy niskich – zaburzenia ich czynności.

Ten rodzaj wibracji powoduje głównie zaburzenia w ośrodkowym i obwodowym układzie nerwowym, w przewodzie pokarmowym, w narządzie słuchu i równowagi, narządzie ruchu (w odcinku lędźwiowym kręgosłupa), jak również zaburzenia ogólnoustrojowe w zakresie gospodarki białkowej, tłuszczowej, węglowodanowej, wodno-elektrolitowej i witaminowej.

Objawy wibracji ogólnej: osłabienie, łatwe męczenie się, zawroty głowy, zaburzenia snu, bóle w różnych częściach ciała, utrudnione oddychanie, wzmożone napięcie mięśni, obkurczanie naczyń krwionośnych, utrudnienie koncentracji i podzielności uwagi, zmniejszenie ostrości widzenia, zwężenie pola widzenia dla barwy czerwonej i zielonej. Objawy te są charakterystyczne dla zespołu rzekomo-nerwicowego.

Chorobą wywołaną przez wibrację ogólną jest **kinetoza** (choroba lokomocyjna = choroba ruchu = choroba morska = choroba powietrzna). Występuje ona podczas podróży statkiem, samolotem, samochodem. Patogenne częstotliwości to częstotliwości poniżej 0,5 Hz (0,3 Hz). Objawami kinetozy są: nudności, wymioty, błądność skóry (twarzy). Profilaktycznie stosuje się zmniejszenie oddziaływania energii wibracyjnej, odwrócenie uwagi chorego od jego objawów i podanie środków antycholinergiczných.

Rozpoznanie zespołu wibracyjnego spowodowane wibracją ogólną jest bardzo trudne, natomiast leczenie sprowadza się do odsunięcia człowieka od pracy w warunkach szkodliwych spowodowanych wibracją i na leczeniu objawowym.

Ad. 2. Wibracja miejscowa

Na ten rodzaj wibracji narażeni są ludzie pracujący z narzędziami pneumatycznymi, wiertarkami, piłami elektrycznymi. Długotrwałe narażenie na wibrację miejscową może doprowadzić do choroby zwanej **zespołem wibracyjnym**.

Zespół wibracyjny jest zespołem objawów ze strony układu nerwowego, kostno-stawowego i naczyniowego spowodowanym szkodliwym działaniem wibracji.

Od 1968 roku zespół ten przyjęto w Polsce do jednej z chorób zawodowych.

Podział zespołu wibracyjnego:

1) wywołany miejscowym działaniem drgań mechanicznych:

- postać naczyniowa,
- postać naczyniowo-nerwowa,
- postać kostna,
- postać kostno-stawowa,
- postaci mieszane: naczyniowo-kostna, naczyniowo-kostno-stawowa, naczyniowo-nerwowo-kostno-stawowa;

2) wywołany ogólnym działaniem drgań mechanicznych:

- postać naczyniowa,
- postać naczyniowo-nerwowa,
- postać kostno-stawowa.

Objawy zespołu wibracyjnego najczęściej ujawniają się po 3–5 latach pracy w narażeniu na wibrację, chociaż zdarzają się także już po kilku miesiącach. Jest to uzależnione przede wszystkim od wrażliwości człowieka.

Przyjmuje się, że powyżej częstotliwości drgań 30–35 Hz występują zmiany naczyniowe, a poniżej ujawniają się objawy ze strony układu kostno-stawowego. Przy jednej i drugiej postaci mogą wystąpić objawy ze strony układu nerwowego.

Najczęściej rejestrowaną postacią zespołu wibracyjnego jest postać naczyniowa, charakteryzująca się napadowymi zaburzeniami krążenia krwi w palcach rąk. Występujące napadowe skurcze naczyń krwionośnych objawiają się blednięciem opuszki jednego lub więcej palców, skąd pochodzi jedno z potocznych określeń tej postaci zespołu

wibracyjnego, a mianowicie „choroby białych palców”. Rzadziej rejestruje się postać nerwową i kostno-stawową oraz inne postacie mieszane. Zmiany w układzie nerwowym na skutek działania drgań miejscowych to: zaburzenia czucia dotyku, wibracji, temperatury, drętwienia, mrowienia palców i rąk.

Zmiany w układzie kostno-stawowym ręki powstają na skutek drgań miejscowych o częstotliwościach mniejszych od 30 Hz. Charakterystyczne objawy to: zniekształcenia szpar stawowych, zwapnienia torebek stawowych, zmiany okostnej.

Oprócz skutków biologicznych oddziaływania **drgań miejscowych i ogólnych** na organizm człowieka towarzyszą skutki funkcjonalne, do których zalicza się:

- zwiększenie czasu reakcji ruchowej,
- zwiększenie czasu reakcji wzrokowej,
- zakłócenia w koordynacji ruchów,
- nadmierne zmęczenie,
- bezsenność,
- rozdrażnienie,
- osłabienie pamięci.

Powyższe zmiany funkcjonalne prowadzą do obniżenia efektywności i jakości wykonywanej pracy, a czasami ją uniemożliwiają. Z powodu dużego rozpowszechnienia drgań mechanicznych w środowisku pracy oraz skutków ich działania, konieczne są pomiary tego czynnika fizycznego na stanowiskach pracy, w celu oceny zawodowego ryzyka utraty zdrowia wynikającego z ekspozycji na drgania. Konieczne jest również podejmowanie działań ograniczających występujące ryzyko ekspozycji na wibracje.

Postać naczyniowa zespołu wibracyjnego i naczyniowo-nerwowa

Obraz kliniczny (3 okresy):

- 1) okres zwiastunów – pojawiają się drętwienia, mrowienia występujące przy gorszym ukrwieniu kończyny; czasami stwierdza się nieznaczne oziębienie rąk i pocenie; mogą pojawiać się również bóle rąk. Najczęściej próg czucia wibracji jest powyżej 80–85 dB, ale nie przekracza 90 dB. Objawy chorobowe mają tu charakter czynnościowy. Zdarza się, że u niektórych osób pracujących z narzędziami drgającymi dolegliwości te po kilku miesiącach ustępują, mimo dalszej pracy w takim środowisku;
- 2) okres zmian wczesnych:
 - bardziej nasilone i rozległe bóle, mrowienia, drętwienia,
 - bóle spoczynkowe (tępe, rozlane, głuche),
 - nadwrażliwość na działanie chłodu,
 - okresowe bóle i zawroty głowy, kłujące bóle w okolicy serca, przyspieszenie akcji serca, nadpobudliwość, ogólne osłabienie,
 - skóra rąk staje się czerwonosinawa, czasami marmurkowata, bardziej wilgotna i chłodna,
 - temperatura skóry palców rąk obniża się (poniżej 25°C),
 - osłabienie czucia bólu i temperatury,
 - czucie wibracji ulega wyraźnemu osłabieniu i próg czucia podnosi się do 100 dB,
 - przewodnictwo nerwowe może być nieznacznie zwolnione;

3) okres zmian zaawansowanych:

- wyżej wymienione objawy ulegają znacznemu nasileniu,
- pojawiają się zmiany troficzne w skórze rąk,
- akroparestezje i bóle występują też w czasie pracy,
- może zaniknąć tętno na jednej z tętnic promieniowych,
- osłabienie siły rąk i czucia,
- zanik mięśni międzykostnych śródręcza.

Jeżeli rozpozna się zespół wibracyjny w tym okresie, wtedy lekarze orzekają o inwalidztwie. Leczenie tego zespołu jest objawowe. Stosuje się zabiegi fizykoterapeutyczne (ciepło, masaż podwodny); podaje się leki rozszerzające naczynia obwodowe (oprócz III okresu zespołu wibracyjnego). Oprócz leczenia ważny jest dobór pracowników na danym stanowisku, jak i profilaktyka techniczna, czyli udoskonalenie narzędzi pracy.

Postać kostno-stawowa zespołu wibracyjnego

Obraz kliniczny:

- zmiany w zakresie stawów i kości nadgarstka, kości promieniowej i łokciowej oraz stawu łokciowego, rzadziej w stawach barkowo-obończykowych;
- w późniejszym okresie pojawiają się zmiany radiologiczne, które mają postać zróżnicowaną: torbiele, martwica jałowa, zmiany zwyrodnieniowe, zwapnienia więzadeł i przyczepów ścięgien, odczyny okostnowe, ograniczony zanik kostny;
- uszkodzenie naczyń krwionośnych włosowatych, przerwanie ich ciągłości, powstawanie w nich zatorów;
- uszkodzenie elastycznych struktur ścięgien, więzadeł, torebek stawowych;
- w obrębie stawów może dojść do zapalenia torebek maziowych, pochewek ścięgniowych, zapalenia okołostawowego.

Diagnostyka postaci kostno-stawowej zespołu wibracyjnego polega głównie na badaniu radiologicznym. W leczeniu stosuje się fizykoterapię i balneoterapię, a czasem leczenie operacyjne.

Ważna jest profilaktyka, która polega na: udoskonaleniu narzędzi wibrujących, częstej kontroli lekarskiej ludzi narażonych na wibrację, wczesnym odizolowaniu ich od miejsca narażenia, skróceniu czasu pracy w danych szkodliwych warunkach.

Zespół wibracyjny wywołany działaniem drgań mechanicznych

Obraz kliniczny:

- najczęściej obserwuje się zespół nerwicowy (przejawia się nadmierną męczliwością, zawrotami głowy, zaburzeniami snu);
- zaburzenia w pracy wielu narządów i układów (ośrodkowy i obwodowy układ nerwowy, przewód pokarmowy, układ kostno-stawowy);
- działanie drgań może zmieniać gospodarkę białkową, węglowodanową, wodno-elektrolitową, witaminową;
- zaburzenia hormonalne;
- zaburzenie funkcjonowania narządów zmysłów.

Drgania mechaniczne o niskiej częstotliwości pobudzają różne zakończenia nerwowe. Rezonans narządów zależy od ich masy i sprężystości zawieszenia, dlatego narządy o różnej masie będą posiadały różne częstotliwości rezonansowe.

Tabela 10

Częstotliwości rezonansowe niektórych narządów i części ciała człowieka
(wg M.E. Jurczaka, *Wpływ wibracji na ustrój*)

Narządy i części ciała	Częstotliwości rezonansowe niektórych narządów i części ciała człowieka [Hz]
Głowa	5–25
Szczeka	6–8
Krtań–tchawica–oskrzela	12–16
Narządy klatki piersiowej	5–9
Kończyny górne	3
Narządy jamy brzusznej	4,5–10
Pęcherz moczowy	10–18
Prostnica	10,5–16
Miednica	5–9
Umięśnienie	13–20
Kończyny dolne	5

Krótkie działanie wibracji na organizm ma charakter stresowy i wywołuje reakcję, która przebiega w charakterystyczny sposób dla odruchów obronnych przy pobudzeniu układu wegetatywnego.

Reakcja organizmu człowieka zależy od parametrów bodźca wibracyjnego oraz jego czasu działania na organizm.

Reakcje organizmu na działanie wibracji dzielimy na:

- 1) reakcje subiektywne,
- 2) zaburzenie funkcji psychosomatycznych,
- 3) zaburzenia fizjologiczne ustroju.

Powyższe typy reakcji człowieka na działanie wibracji określają jego zdolność do wykonania danego zadania w środowisku wibracyjnym.

Ad. 1. Reakcje subiektywne

Najsilniej wyrażone reakcje subiektywne stwierdzono u ludzi poddanych działaniu niskich częstotliwości wibracji w granicach od 2–20 Hz.

Częstotliwością rezonansową dla narządów jamy brzusznej przy pozycji pionowej i przy odprężonych mięśniach jamy brzusznej jest częstotliwość 3 Hz, natomiast największe objawy subiektywne w postaci bólów brzucha występują przy częstotliwości 5–10 Hz.

Przy częstotliwościach do 10 Hz występują dolegliwości głównie na skutek reakcji narządów klatki piersiowej i jamy brzusznej, a przy częstotliwości 10–20 Hz na skutek reakcji układu mięśniowo-szkieletowego, struktur głowy i szyi.

Tabela 11

Reakcje subiektywne człowieka przy działaniu wibracji ogólnej 1–20 Hz
(wg M.E. Jurczaka, *Wpływ wibracji na ustrój*)

Objawy ze strony narządów i innych części ciała człowieka poddane wibracji	Zakresy częstotliwości uznane jako dokuczliwe [Hz]	Zakresy częstotliwości w których reakcje są bardzo intensywne [Hz]
Ogólne złe samopoczucie	1–20	4,5–9
Zawroty głowy	9–20	13–20
Silne drgania szczęki	6–8	–
Bezdech	–	1–3
Zaburzenia oddychania	4–8	–
Ból brzucha	4–14	4,5–10
Silny wzrost napięcia mięśniowego	10–20	13–20
Ból klatki piersiowej	4–11	5–7
Ból lędźwiowo-krzyżowy	6,5–20	8–12
Parcie na mocz	9–20	10–18
Parcie na kał	9–20	10,5–16

Ad. 2. Zaburzenie funkcji psychosomatycznych

Przekroczenie amplitudy powyżej 0,0125 cala (3,175 mm) przy niskich częstotliwościach wibracji do 20 Hz wywołuje bardzo poważne zaburzenia funkcji psychosomatycznych.

Dla częstotliwości powyżej 20 Hz przy kilkakrotnie mniejszych amplitudach obserwuje się poważne zaburzenia.

Zakres częstotliwości 35–250 Hz doprowadza do skurczu naczyniowego. Częstotliwości 100–150 Hz są najbardziej niebezpieczne. Poniżej 35 i powyżej 250 Hz skurcz naczyń pojawia się rzadko. Przy częstotliwościach do 35 Hz następuje atonia naczyń, a powyżej 400 Hz pojawia się specyficzny zespół chorobowy tzw. pieczenia-palenia, który polega na bardzo dokuczliwych piekących bólach.

Tabela 12

Działanie biologiczne wibracji na organizm (wg M.E. Jurczaka, *Wpływ wibracji na ustrój*)

Zakres częstotliwości	Efekt
< 16 Hz	Głównym parametrem determinującym jest przyspieszenie drgań: – drgania poszczególnych narządów układów lub części ciała – reakcje przedsionkowe
25 Hz	– częstotliwości percepowane przez ustrój jeszcze jako pojedyncze wstrząsy – zmiany w układzie ruchu
35 Hz	– choroba wibracyjna (zespół wielopostaciowy) – rzadko występuje skurcz naczyń
50 Hz	– choroba wibracyjna z wystąpieniem skurczu naczyniowego
250 Hz	– graniczna wartość częstotliwości dla wystąpienia skurczu naczyniowego – rzadko występuje choroba wibracyjna
> 16000 Hz (zakres ultradźwiękowy)	– transformacja energii mechanicznej w energię cieplną, efekt bakteriobójczy, wzrost temperatury – wpływa na ośrodkowy układ nerwowy

Jeżeli wibracja o dużej wartości energetycznej działa na człowieka bardzo krótko, to wpływa ona tylko na wywołanie stresu.

Ad. 3. Zaburzenia fizjologiczne ustroju

Wielkość reakcji fizjologicznych zależy od intensywności wibracji i od charakteru dodatkowego bodźca obarczeniowego (ciepło, zimno, niedotlenienie, obniżenie ciśnienia atmosferycznego, przyspieszenie, zwiększony wysiłek statyczny, gazy, promieniowanie jonizujące, substancje toksyczne).

Stopień nasilenia skurczu naczyń włosowatych i obniżenie czucia wibracji są większe przy temperaturze 5°C, niż przy 14°C.

Wpływ zimna i wibracji wywołuje u pracowników zmniejszenie siły mięśniowej i obniżenie temperatury skóry, w porównaniu do pracy w okresie letnim.

Długotrwale działanie wibracji na kończyny górne i działanie zimna pogłębia skłonność do skurczu naczyń skóry oraz do szybkiego pojawienia się choroby wibracyjnej.

U ludzi pracujących w wysokiej temperaturze i w środowisku wibracyjnym wykazano, że choroba wibracyjna rozwija się bardzo powoli (w czasie jednoczesnego działania ciepła i wibracji nie dochodzi do skurczu naczyń).

Współdziałanie wibracji z niedotlenieniem wywołuje duże zmiany w ośrodkowym układzie nerwowym, stan bardzo silnego pobudzenia układu współczulno-nadnerczowego.

Choroba wibracyjna

Tabela 13

Typowe objawy choroby wibracyjnej w poszczególnych zakresach częstotliwości
(wg M.E. Jurczaka, *Wpływ wibracji na ustrój*)

Typowe objawy	Częstotliwość wibracji w Hz
Zmiany morfologiczne i czynnościowe w układzie ruchu	< 30
Zaburzenia naczynio-ruchowe	35–250
Dominowanie objawów bólowych (ból piekący w kończynach górnych)	< 333

Tabela 14

Klasyfikacja choroby wibracyjnej wg zespołów chorobowych (wg M.E. Jurczaka, *Wpływ wibracji na ustrój*)

Zespół chorobowy	Charakter działającej wibracji
Zespół dystonii naczyniowej	Wibracja o niskiej częstotliwości, rzadziej o średnich częstotliwościach
Zespół naczynioskurczowy	Wibracja o wysokiej częstotliwości
Zespół wegetatywnego zapalenia wielo-nerwowego	Wibracja o niskich i średnich częstotliwościach

Zespół chorobowy	Charakter działającej wibracji
Zespół wegetatywnego zapalenia mięśni i powięzi	Wibracja o niskich częstotliwościach z jednoczesnym znacznym wysiłkiem mięśniowym
Zespół zapalenia nerwów	Wibracja o niskich częstotliwościach z jednoczesnym występowaniem udaru powrotnego
Zespół międzymózgowy z zaburzeniami krążeniowymi	Wibracja o wysokich częstotliwościach
Zespół przedsionkowy	Wibracja o niskich częstotliwościach

Tabela 15

Najczęściej zgłaszane skargi i występowanie objawów obiektywnych przy działaniu wibracji ogólnej o niskich częstotliwościach (wg M.E. Jurczaka, *Wpływ wibracji na ustrój*)

Skargi ludzi	Objawy obiektywne
Bóle i zawroty głowy	Zaburzenia czynności narządu przedsionkowego
Nudności, wymioty na czczo	Nieżyty żołądka z niedokwasotą
Bóle w okolicach podżebrzowych i w okolicach żołądka	Bóle w zakresie splotu słonecznego
Bóle w krzyżu i wzdłuż nerwu kulszowego	Zapalenie korzonków nerwowych
Bóle w dole brzucha, częste parcie na pęcherz moczowy	Dyskopatia kręgów lędźwiowych
Zaburzenia cyklu miesięczkowego; impotencja	Zaostrzenie procesów zapalnych w narządach rodnych

3. OŚWIETLENIE

Oświetlenie to padanie światła na dany obiekt. Z fizycznego punktu widzenia przez pojęcie „oświetlenie” rozumie się natężenie oświetlenia.

Oko odbiera wrażenia świetlne dzięki wrażliwości światłoczułych elementów rozmieszczonych w siatkówce. Wrażenie świetlne powstaje wtedy, gdy na siatkówkę oka pada energia promienista o długości fali 380–760 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Promieniowanie o powyższej długości fali to promieniowanie widzialne.

W pomieszczeniach, w których człowiek pracuje, powinno być zapewnione oświetlenie naturalne (słońce). Jeżeli jest to niemożliwe, wtedy musi być dobre oświetlenie sztuczne (boczne lub górne). Powinno ono być dostosowane do rodzaju prac i ich dokładności.

Naturalny system oświetleniowy to bezpośrednie promieniowanie optyczne, którego źródłem są: słońce, nieboskłon, księżyc, planety, gwiazdy.

Słońce jest centralnym ciałem naszego układu planetarnego, które ogrzewa i oświetla Ziemię. Stanowi źródło energii wysyłanej na Ziemię. Pomimo że Ziemia znajduje się w odległości średnio 150 mln km, oświetlenie słoneczne na Ziemi przy prostopadłym padaniu promieni jest równoważne oświetleniu 900 stuwatowych żarówek umieszczonych w odległości 1 m.

Na moc promieniowania dochodzącego do wybranego punktu Ziemi wpływa elewacja Słońca czyli:

- pora roku (zmiana odległości od Słońca);
- pora dnia (zmiana grubości warstwy atmosferycznej, przez którą przechodzi promieniowanie optyczne);
- szerokość geograficzna (różny kąt padania promieniowania na powierzchnię poziomą);
- stan atmosfery (niebo czyste, zamglone, zachmurzone).

Rozróżniamy trzy typy oświetlenia w zależności od umieszczenia w pomieszczeniu otworów świetlnych: boczne, górne, mieszane.

Sztuczny system oświetleniowy to: żarówki, świetlówki, lampy sodowe, rtęciowe, łukowe.

Stosowanie świetlówek wiąże się z możliwością wystąpienia zjawiska stroboskopowego. Polega ono na tym, że obserwator ma wrażenie dwojenia, bezruchu lub ruchu w kierunku przeciwnym przedmiotów poruszających się cyklicznie.

Rozróżniamy oświetlenie (ze względu na sposób rozmieszczenia opraw oświetleniowych we wnętrzu):

- ogólne (pośrednie) – odbite od sufitu i rozproszone. Lampy nisko zawieszone i nieosłonięte mogą powodować zjawisko olśnienia. Jest to zjawisko związane z adaptacją wzroku, wywołane przez bodźce świetlne o dużej wartości w stosunku do możliwości adaptacyjnych oka;
- miejscowe (bezpośrednie) – oświetlenie niektórych części przestrzeni;
- kombinowane (złożone) – składa się z oświetlenia ogólnego i miejscowego.

Mamy również oświetlenie:

- podstawowe – oświetlenie przewidziane dla danego rodzaju pomieszczenia, urządzenia lub czynności w normalnych warunkach pracy;
- awaryjne – oświetlenie przewidziane do stosowania w niektórych przypadkach, podczas zaniku oświetlenia podstawowego;
- bezpieczeństwa – rodzaj oświetlenia awaryjnego umożliwiający bezpieczne dokończenie, a w niektórych przypadkach kontynuację wykonywanych czynności;
- ewakuacyjne – rodzaj oświetlenia awaryjnego umożliwiający łatwe i pewne wyjście z budynku w czasie zaniku oświetlenia podstawowego;
- stałe uzupełniające oświetlenie elektryczne wewnątrz – stałe elektryczne oświetlenie uzupełniające oświetlenie dzienne, gdy samo oświetlenie dzienne jest niewystarczające lub niezadowalające.

Najmniejsze dopuszczalne średnie natężenia oświetlenia:

10 lx – najmniejsze dopuszczalne natężenia oświetlenia; możliwa ogólna orientacja w pomieszczeniach;

20 lx – piwnice, strychy;

50 lx – krótkotrwale przebywanie połączone z wykonywaniem prostych czynności; korytarze i schody, sale kinowe podczas przerw;

100 lx – prace nieciężkie i czynności dorywcze przy bardzo ograniczonych wymaganiach wzrokowych (pomieszczenia sanitarne, hole wejściowe);

200 lx – praca przy ograniczonych wymaganiach wzrokowych (jadalnie, bufety, świetlice, sale gimnastyczne, aule, sale zajęć ruchowych w szkołach, portiernie);

300 lx – praca przy przeciętnych wymaganiach wzrokowych (łatwe prace biurowe z dorywczym pisanie na maszynie, sale szkolne);

500 lx – praca przy dużych wymaganiach wzroku (dokładne prace ślusarskie i prace na maszynach do metali, ręczne rytownictwo, szycie i drukowanie tkanin, druk ręczny i sortowanie papieru);

750 lx – długotrwała i wytężona praca wzrokowa (prace kreślarskie, szlifowanie szkła optycznych i kryształów);

1000 lx – długotrwała i wyjątkowo wytężona praca wzrokowa (montaż najmniejszych elementów elektronicznych, kontrola wyrobów włókienniczych).

Do czynności, w których wymaga się natężenia oświetlenia wykraczającego poza podany powyżej zakres 10–1000 lx, należą między innymi dozór nocny i operacje chirurgiczne.

Rodzaj oświetlenia należy dobierać w zależności od wymaganego średniego natężenia oświetlenia. Jeżeli nie ma uzasadnionych powodów, aby postąpić inaczej, należy stosować oświetlenie ogólne poniżej 200 lx, ogólne lub złożone w zakresie 200–750 lx i złożone powyżej 750 lx. Przy średnim natężeniu oświetlenia w zakresie 200–750 lx powinno stosować się oświetlenie ogólne, jako jedyny rodzaj oświetlenia, tylko w tych pomieszczeniach, w których wykonywane są czynności o tym samym stopniu trudności wzrokowej lub w których stanowiska pracy nie mają stałej lokalizacji. Przy stosowaniu oświetlenia złożonego, natężenie oświetlenia ogólnego w pomieszczeniu powinno stanowić co najmniej 1/5 natężenia oświetlenia złożonego. W pomieszczeniach, w których wymaga się natężenia oświetlenia o różnych wartościach, należy stosować obok oświetlenia ogólnego, oświetlenie miejscowe za pomocą opraw oświetleniowych rozmieszczonych na suficie i skupionych odpowiednio nad wykonywaną pracą.

Oświetlenie bezpieczeństwa

Średnie natężenie oświetlenia bezpieczeństwa na płaszczyznach wymagających obsługi lub decydujących o bezpieczeństwie osób w pomieszczeniach nie powinno być mniejsze od:

- wymaganego natężenia oświetlenia podstawowego w salach operacyjnych i innych pomieszczeniach szpitalnych intensywnej terapii;
- 10% wymaganego natężenia oświetlenia podstawowego w pozostałych przypadkach.

Oświetlenie bezpieczeństwa powinno pojawiać się w czasie nie dłuższym niż 0,5 s w pierwszym i nie dłuższym niż 15 s w drugim przypadku po zaniku oświetlenia podstawowego.

Oświetlenie ewakuacyjne

W żadnym punkcie powierzchni dróg ewakuacyjnych natężenie oświetlenia nie powinno być mniejsze niż 0,5 lx. Powinno pojawiać się w czasie nie dłuższym niż 2 s po zaniku innych rodzajów oświetlenia elektrycznego.

Stałe uzupełniające oświetlenie elektryczne

W pomieszczeniach, w których oświetlenie dzienne nie spełnia określonych wymagań, należy stosować stałe uzupełniające oświetlenie elektryczne, w postaci oświetlenia ogólnego. Jest ono tak dobrane, aby w poszczególnych częściach pomieszczenia łączne natężenie oświetlenia dziennego i stałego uzupełniającego oświetlenia elektrycznego zapewniało co najmniej warunki widzenia nie gorsze, niż miałyby to miejsce przy całkowitej zgodności oświetlenia dziennego z odpowiednimi wymaganiami.

Podstawowe pojęcia i jednostki świetlne:

- strumień świetlny – ilość energii promienistej, jaką źródło światła wysyła w jednostce czasu w postaci promieniowania widzialnego [lm] – lumen;
- jasność (blask) – stosunek natężenia światła wysyłanego w danym kierunku do pola powierzchni świecącej [sb] – stilb;
- natężenie oświetlenia – ilość światła padającego na daną powierzchnię (stosunek strumienia świetlnego do powierzchni, na jaką strumień pada) [lx] – luks;
- natężenie źródła światła – ilość energii świetlnej wysyłanej przez źródło światła w ciągu 1 sekundy [cd] – kandela.

Dokładność widzenia (zdolność do rozróżniania przedmiotów) zależy od:

- wielkości oglądanego przedmiotu,
- jego odległości od oka,
- jakości wzroku,
- położenia przedmiotu w polu widzenia,
- natężenia oświetlenia powierzchni oglądanego przedmiotu,
- kontrastowości przedmiotów,
- warunków oświetlenia.

Rodzaje zagrożeń związane z promieniowaniem optycznym:

- 1) promieniowanie nadfioletowe (UV),
- 2) promieniowanie widzialne,
- 3) promieniowanie podczerwone (IR).

Ad. 1. Promieniowanie nadfioletowe

Jest to część widma fal elektromagnetycznych.

Narażenie pracowników na to promieniowanie charakteryzowane jest przez wartości skuteczne napromienienia erytemalnego (wywołującego rumień skóry) i koniunktynalnego (wywołującego zapalenie spojówki lub rogówki oka).

Najwyższa dopuszczalna wartość skuteczna napromienienia koniunktywalnego w ciągu ośmiogodzinnego dobowego wymiaru czasu pracy wynosi 30 J/m^2 w przypadku narażenia nie powtarzającego się w następnym dniu, a 18 J/m^2 w przypadku ekspozycji powtarzających się w kolejnych dniach, natomiast dla napromienienia erytemalnego wynosi 30 J/m^2 bez względu na powtarzalność ekspozycji.

Promieniowanie nadfioletowe dzieli się na trzy zakresy ze względu na działanie na człowieka:

- zakres A (nadfiolet A) – (UV-A) – o długości fali od 315–390 nm – przenika przez naskórek, wywołuje pigmentację skóry;
- zakres B (nadfiolet B) – (UV-B) – o długości fali od 280–315 nm – wywołuje rumień skóry, używany w terapii świetlnej do leczenia krzywicy;
- zakres C (nadfiolet C) – (UV-C) – o długości fali od 180–280 nm – mniej przenikliwy, pochłaniany przez naskórek, stosowany do wyjaławiania (boksy w szpitalach, narzędzia medyczne, żywność), do leczenia chorób skóry, ma działanie bakteriobójcze.

Przenikliwość promieniowania UV jest niewielka. Głównym źródłem promieniowania UV jest słońce, a także gazowe lampy wyładowcze, lampy fluorescencyjne, kwarcowe, palniki acetylenowo-tlenowe, fluorowodorowe, plazmowe i tlenowo-wodorowe.

Działanie promieniowania UV w zależności od pochłoniętej dawki:

a) korzystne:

- produkcja witaminy D (przemiana w skórze 7-dehydrocholesterolu w cholekalcyferol),
- wzrost stężenia melaniny,
- wzrost ukrwienia skóry,
- szybszy wzrost naskórka;

b) szkodliwe:

- ostre lub przewlekłe objawy ze strony narządu wzroku:
 - zapalenie spojówek,
 - uszkodzenie nabłonka rogówki,
 - długotrwałe działanie UV powoduje powstanie skrzydlika, zaćmy, zmian nowotworowych;

c) ostre objawy skórne:

- rumień,
- pęcherze,
- zniszczenie powierzchni naskórka z wtórną infekcją,
- oparzenia termiczne I i II stopnia,
- przyspieszenie starzenia się skóry,
- nowotwory skóry.

Ochrona przed promieniowaniem UV to przede wszystkim filtry przeciwsłoneczne w kremach i szklach okularów.

Zastosowanie promieniowania UV w medycynie:

UV-A, UV-B – w leczeniu łuszczycy, fototerapia noworodka, stymulacja syntezy witaminy D₃;

UV-A – polimeryzacja materiałów dentystycznych;

UV-C – do sterylizacji szkła, do odkażania.

Ad. 2. Promieniowanie widzialne

Obejmuje zakres od 380–760 nm. Źródłem promieniowania widzialnego jest energia słoneczna oraz urządzenia oświetlenia sztucznego. Oko ludzkie jest najwrażliwsze przy długości fali 555 nm. Przy tej długości światło ma kolor żółtozielony.

Działanie promieniowania widzialnego:

- jako inicjator u roślin procesu fotosyntezy,
- synchronizator okołodobowych cykliów fizjologicznych,
- wywołuje wrażenie światła działające na narząd wzroku.

Szkodliwe działanie promieniowania widzialnego może powodować termiczne lub fotochemiczne uszkodzenia i schorzenia siatkówki oka ludzkiego. Jest ono przystosowane do odbioru obrazów o małych i dużych jaskrawościach, ale musi być do tego odbioru zaadaptowane.

Nagła zmiana jaskrawości obrazu jest szkodliwa. Powoduje ona uszkodzenie siatkówki oka.

Również szkodliwe są częste zmiany jaskrawości powierzchni, które obserwujemy. Częsta zmiana tych warunków wywołuje nadmierną pracę oka, co powoduje zmęczenie wzroku, a następnie zmęczenie całego organizmu.

Jeżeli w polu widzenia pojawi się powierzchnia lub punkt świetlny o dużej jaskrawości, to przyczyni się to do wywołania olśnienia, a następnie do zmęczenia oka.

Szkodliwe jest również tętnienie światła (wpływa na zmianę samopoczucia człowieka).

Ad. 3. Promieniowanie podczerwone

Jednym z głównych źródeł promieniowania jest energia słoneczna. W promieniowaniu słonecznym około 54% energii przypada na to promieniowanie. Narażenie pracowników na promieniowanie podczerwone charakteryzowane jest przez wartości średnie i najwyższe chwilowe natężenia napromienienia oczu i skóry, odniesione do temperatury 20°C.

Średnie natężenie napromienienia jest to iloraz napromienienia oczu lub skóry w czasie ekspozycji i czasu trwania tej ekspozycji.

$$E_{\text{sr.}} = N / T$$

gdzie: $E_{\text{sr.}}$ – średnie natężenia napromienienia w W/m²
 N – napromienienie w J/m²
 T – czas trwania ekspozycji w s.

Najwyższe chwilowe natężenie napromienienia jest to największa chwilowa wartość natężenia napromienienia występująca podczas ekspozycji, która trwa nie dłużej niż 60 s.

Najwyższe dopuszczalne średnie natężenia napromienienia wynosi dla oka – 150 W/m², dla skóry – 700 W/m².

Najwyższe dopuszczalne chwilowe natężenie napromienienia oka i skóry oblicza się wg wzoru:

$$E = a \cdot t^{-1/2}$$

gdzie: E – najwyższe chwilowe natężenie napromienienia w W/m^2

t – czas ekspozycji [s] (przy czym < 60 s)

a – stała (dla oka wynosi $1200 \text{ W} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{m}^{-2}$; dla skóry $5600 \text{ W} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{m}^{-2}$)

Źródła promieniowania podczerwonego można podzielić pod względem fizycznym na cztery grupy:

- źródła promieniowania temperaturowego (cieplnego), w których promieniowanie powstaje jako skutek spalania się lub ogrzewania ciał do określonej temperatury (lampy żarowe, pręcikowe);
- lampy gazowe (jarzeniowe) – lampy do wyładowań elektrycznych w gazach (ce-zowe i kryptonowe);
- źródła mieszane (lampy łukowe);
- lasery.

Wpływ promieniowania na organizm zależy od:

- długości fali,
- natężenia,
- wielkości napromieniowanej powierzchni.

Promieniowanie podczerwone jest głównym czynnikiem w zaburzeniach termoregulacji organizmu. Wpływa to ujemnie na układ sercowo-naczyniowy i przyspiesza starzenie się organizmu.

Promieniowanie podczerwone (IR) – (780 nm – 1 mm) – dzieli się na trzy zakresy:

- zakres A (IR-A) (krótkofalowy) – o długości fali od 780 nm– $5 \cdot 10^3$ nm;
- zakres B (IR-B) (średniofalowy) – o długości fali $5 \cdot 10^3$ nm– $30 \cdot 10^3$ nm, pochłaniany przez zewnętrzne warstwy skóry;
- zakres C (IR-C) (długofalowy) – o długości fali $30 \cdot 10^3$ nm–1 mm, pochłaniany przez skórę do głębszych warstw i tkanki podskórnej.

Podział ten wynika z różnej głębokości wnikania w głąb ciała IR-C – kilkanaście cm; IR-B – 1–2 cm; IR-A – zatrzymuje się na powierzchni.

Około 95% promieniowania IR zostaje pochłonięte przez ludzką skórę. Ilość wniknięcia tego promieniowania zależy od: grubości, koloru, stopnia zawilgocenia skóry oraz od długości promieniowania.

Działanie promieniowania IR:

a) szkodliwe:

- wzrost temperatury skóry:
 - rumień cieplny (miejscowy odczyn na skórze pojawiający się zaraz po napromienianiu i znikający bez pozostawienia śladów),
 - rumień fotochemiczny (przebarwienia cieplne);
- szkodliwe działanie na oczy (szczególnie niebezpieczny zakres bliski około 760 nm):
 - IR-A i IR-B – prowadzi do zmętnienia soczewki oka (katarakta), a następnie do zmętnienia jądra soczewki (zaćma) (działanie około 10–20 lat),
 - IR-B i IR-C – wywołuje zmiany w postaci zapalenia spojówek i uszkodzenia nabłonka rogówki,

- oglądanie silnych źródeł światła (świejące nieosłonięte żarówki o dużej mocy) – powoduje termiczne uszkodzenie oka, którego głównym objawem jest mroczek centralny);
- ogólne działanie promieniowania IR:
 - zmniejszenie ciśnienia krwi,
 - tachykardia,
 - oparzenia skóry (rumień skóry i obrzęk);
- b) korzystne:
 - leczenie nerwobóli,
 - leczenie zapalenia zatok obocznych nosa,
 - leczenie chorób stawów.

Wykorzystanie promieniowania IR:

- w diagnostyce raka płuc,
- w diagnostyce chorób sutka u kobiet,
- do oceny stanu układu krążenia,
- do oceny rozległości niektórych procesów zapalnych.

Sposoby ochrony człowieka przed nadmiernym promieniowaniem optycznym w środowisku pracy:

- uwzględnienie zagrożenia promieniowaniem na etapie projektowania oraz urządzania stanowiska pracy;
- automatyzacja produkcji;
- szkolenie pracowników na temat zagrożenia i ochrony przed promieniowaniem;
- systematyczna kontrola zagrożenia promieniowaniem;
- odpowiednia organizacja pracy na stanowiskach;
- dobór i stosowanie właściwych środków ochrony zbiorowej i indywidualnej;
- badania lekarskie pracowników zatrudnionych na stanowiskach, na których występuje nadmierna ekspozycja na promieniowanie optyczne.

4. POLE ELEKTROMAGNETYCZNE

Pole elektromagnetyczne obejmuje promieniowanie elektromagnetyczne o częstotliwości mniejszej niż 300 GHz.

W jego skład wchodzi fale radiowe, które obejmują zarówno bardzo niskie częstotliwości dochodzące do około 30 kHz, jak i mikrofałe w granicach około 300 MHz–300 GHz. Powyżej 300 GHz rozciąga się pasmo promieniowania podczerwonego (około 300 GHz–30 THz), widzialnego (około 30 THz– $3 \cdot 10^3$ THz) oraz promieniowania nadfioletowego, promieniowania X i promieniowania gamma, których graniczne wartości mieszczą się odpowiednio w przedziałach: $3 \cdot 10^3$ – $3 \cdot 10^6$ THz, $3 \cdot 10^4$ – $3 \cdot 10^7$ THz, $3 \cdot 10^6$ – $3 \cdot 10^9$ THz.

Fale o bardzo niskiej częstotliwości (< 30 kHz) są wytwarzane przez linie energetyczne oraz monitory, mikrofałe przez kuchnie mikrofalowe i radary. Zakresy te wcho-

dzą w skład fal radiowych, których fale o częstotliwościach pośrednich w stosunku do powyższych od 30 kHz do 300 MHz są emitowane przez radio, telewizję i telefony komórkowe.

Oddziaływanie fali elektromagnetycznej na organizmy żywe zależy od: częstotliwości i mocy fali, czasu ekspozycji, odległości od źródła pola.

Fale elektromagnetyczne otaczają nas z każdej strony. Wytwarzane są one przez różne urządzenia domowe, przemysłowe, telefony komórkowe, stacje rozdzielcze, transformatory, energetyczne linie przesyłowe, środki lokomocyjne, stacje radiowe, okablowanie domów oraz przez nas samych. Fala elektromagnetyczna, przechodząc przez ciało człowieka oddaje mu część swojej energii, może ulec załamaniu, a jej część ulega odbiciu przez tkanki. Fale długie o niskiej częstotliwości wnikają głęboko do wnętrza organizmu, zanim ich energia zostanie pochłonięta. Wszystkie fale nakładają się na siebie, interferują z sobą, załamują się lub wzmacniają na niektórych przeszkodach. Tworzą przez to skomplikowany rozkład energii. O właściwościach ciała człowieka decyduje głównie woda stanowiąca około 65% jego masy, która powoduje silne tłumienie rozchodzących się fal. Dlatego tkanki o dużym uwodnieniu (krew, tkanka łączna, mózgowa, mięśniowa) przejmują energię znacznie silniej niż tkanki o małej zawartości wody (tkanka kostna, tłuszczowa). Wnikanie fal do wnętrza organizmu człowieka wiąże się ściśle z ich częstotliwością i dla fal o częstotliwości 1, 50, 100 MHz głębokość wnikania wynosi odpowiednio 75, 10, 7 cm (a dla tkanek z małą zawartością wody wartości te wzrastają 4–10-krotnie).

W życiu codziennym najczęściej stykamy się z polem elektromagnetycznym o niskiej częstotliwości. Każde urządzenie zasilane prądem z sieci wytwarza w czasie pracy pole o częstotliwości 50 Hz. Niektóre z nich, na przykład telewizory, komputery czy kuchenki mikrofalowe emitują dodatkowo pola o znacznie większych częstotliwościach. W jeszcze innych natężenie pól magnetycznych może być zwielokrotnione z powodu obecności silnika, na przykład w odkurzaczu, suszarce czy golarce. Wszystkie te pola współistnieją w naszych mieszkaniach. Odbijają się od ścian i metalowych przedmiotów, ulegają miejscowemu wzmocnieniu lub osłabieniu. Zwykle ich natężenia są niewielkie, a o sile ich biologicznego oddziaływania decyduje wtedy odległość od źródła pola. Przyjmuje się, że długotrwałe przebywanie w polu magnetycznym o natężeniu przekraczającym 3–10 mG (niższe od okolic narażonych na energetyczne linie przesyłowe i niektóre urządzenia domowe) może być czynnikiem, który zwiększa możliwość zachorowania na niektóre typy nowotworów. Również w codziennym życiu stykamy się z różnego rodzaju polami radio- i mikrofalowymi, ale ich natężenia także są niewielkie.

Im dalej będziemy przebywać od urządzenia emitującego fale elektromagnetyczne, tym natężenie promieniowania pola magnetycznego będzie mniejsze.

W odległości 15 cm od urządzeń domowych wytwarzających w czasie pracy pole o częstotliwości 50 Hz, największe natężenie pola magnetycznego wytwarza odkurzacz (100–700 mG), suszarka do włosów (300–700 mG), mikser (30–600 mG), gólarzka elektryczna (100–600 mG) i kuchenka mikrofalowa (100–300 mG). Pozostałe urządzenia domowe w tej odległości mają natężenie poniżej 200 mG (np. wiertarka 100–200 mG, malakser 20–130 mG, młynek do kawy 30–100 mG, pralka automatyczna 20–11130 mG, lodówka 5–50 mG, komputer 20–50 mG, żelazko i telewizor kolorowy poniżej 20 mG, natomiast magnetowid i magnetofon poniżej 5 mG).

W odległości 30 cm natężenia pól magnetycznych dla wszystkich powyższych urządzeń są mniejsze niż 100 mG, jedynie odkurzacz emituje natężenie od 20–200 mG. Najmniejsze natężenie wykazuje magnetowid, magnetofon (około 1 mG), telewizor (2–7 mG), pralka (7–10 mG) i komputer (5–10 mG).

W odległości 60 i 120 cm natężenie ich jest minimalne.

Wokół linii przesyłowych wytwarzających pole magnetyczne 50 Hz, natężenie pola magnetycznego również maleje ze wzrostem odległości od nich (np. w oddaleniu 10, 20, 40 m od linii przesyłowych 220 kV, natężenie pola magnetycznego przewodów wynosi odpowiednio: 250, 100 i < 12 mG, a linii 400 kV: 300–350, 150 i < 40 mG).

W otoczeniu źródeł pól magnetycznych stałych i o częstotliwości przemysłowej 50 Hz wyróżnia się następujące strefy oddziaływania pola:

- 1) strefę niebezpieczną, w której przebywanie pracowników jest zabronione;
- 2) strefę zagrożenia, w której dopuszczalny czas przebywania pracowników zależy od natężenia działającego pola;
- 3) strefę bezpieczną, w której przebywanie pracowników jest dozwolone bez ograniczeń czasowych.

Ad. 1. Za strefę niebezpieczną uważa się obszar, w którym natężenie pola magnetycznego stałego przekracza 80 kA/m (co odpowiada indukcji magnetycznej około 100 mT), a pola magnetycznego o częstotliwości przemysłowej 50 Hz–4 kA/m (około 5 mT).

Gdy narażenie dotyczy wyłącznie kończyn (od stóp do kolan i od dłoni do łokci), granice strefy niebezpiecznej podane powyżej podwyższają się 5-krotnie.

Ad. 2. Za strefę zagrożenia uważa się obszar, w którym natężenie pola (H) zawiera się w granicach:

- dla pola magnetycznego stałego: $8 \text{ kA/m} < H < 80 \text{ kA/m}$,
- dla pola magnetycznego o częstotliwości przemysłowej 50 Hz: $0,4 \text{ kA/m} < H < 4 \text{ kA/m}$.

Dopuszczalne narażenie na wpływ pól magnetycznych określone jest wyrażeniem:

$$D = H^2 t_{(b)}$$

gdzie: H – natężenie pola magnetycznego działające na pracownika w czasie t, przy czym $t_{(b)} < 8 \text{ h}$;

- dla pól magnetycznych stałych $D < 512 \text{ (kA/m)}^2\text{h}$;
- dla pól magnetycznych o częstotliwości przemysłowej 50 Hz $D < 1,28 \text{ (kA/m)}^2\text{h}$.

Jeżeli narażenie w tej strefie dotyczy tylko kończyn (od stóp do kolan i od dłoni do łokci) powyższe wartości rosną 25-krotnie.

Ad. 3. Za strefę bezpieczną uważa się obszar, w którym natężenie pola magnetycznego stałego jest mniejsze od 8 kA/m, a pola magnetycznego o częstotliwości przemysłowej 50 Hz–mniejsze od 0,4 kA/m.

Pole elektromagnetyczne o niskiej częstotliwości

Źródłem są napowietrzne linie przemysłowe wysokiego napięcia, stacje rozdzielcze, urządzenia elektryczne, nadajniki radiowe i telewizyjne. Składowa elektryczna skupia się głównie na powierzchni ciała tworząc prądy zmienne (prądy Foucoult'a) od kilku do kilkudziesięciu μA , zależnie od natężenia pola. Składowa magnetyczna swobodnie wnika do wnętrza człowieka.

Działanie pola elektromagnetycznego powoduje:

- okresowe wahania ciepłoty ciała i poziomu elektrolitów
- bóle i zawroty głowy,
- zaburzenia snu i pamięci,
- zmiany w połączeniach interneuronalnych kory mózgu,
- zwolnienie rytmu serca i spadek ciśnienia tętniczego.

Fale radiowe i fale mikrofalowe

Źródłem ich są urządzenia radiowe i telekomunikacyjne, sieć radiowa i telewizyjna, niektóre urządzenia przemysłowe i domowe (kuchenki mikrofalowe, radio, telewizor). W krajach zachodnich producenci mikrofal ograniczają emisję mikrofal do 10 W/m^2 w odległości 5 cm od obudowy nowego urządzenia i do 50 W/m^2 w sprzęcie już używanym. Polska norma wynosi $0,00025 \text{ mW/cm}^2$. W świetle aktualnej wiedzy o działaniu mikrofal można przyjąć, że polskie normy są zbyt rygorystyczne, a kuchenki mikrofalowe można uznać za bezpieczne. Jednak podczas ich pracy ze względów bezpieczeństwa nie należy się do nich przybliżać.

Mikrofałe wywołują zmiany czynnościowe i organiczne w różnych narządach i układach, przede wszystkim w układzie nerwowym. Promieniowanie to niekorzystnie działa na czynności tarczycy, gonad, nadnerczy.

Podstawą postępowania lekarskiego jest przerwanie narażenia zawodowego. Koniecznością są badania lekarskie ludzi zatrudnionych, a w tym badania neurologiczne i EEG.

Działanie powyższych fal powoduje:

- efekt termiczny;
- zmiany bioelektryczne, metaboliczne i strukturalne w tkance nerwowej;
- uszkodzenie oczu (rogówka i soczewka wrażliwa jest na częstotliwość 2–35 GHz; może wystąpić katarakta przy krótkotrwałym promieniowaniu o wartości 200 mW/cm^2);
- zmiany w układzie krwiotwórczym i immunologicznym;
- zaburzenia syntezy hemoglobiny i erytropoezy;
- aberracje chromosomalne i zaburzenia podziałów mitotycznych komórek somatycznych;
- zaburzenia dojrzewania komórek rozrodczych.

Objawy powyższych zaburzeń:

- ogólne osłabienie;
- szybkie męczenie się;

- zaburzenia pamięci i snu, problemy z koncentracją;
- wzmożona częstość bólów i zawrotów głowy;
- wrażenia słuchowe w postaci gwizdów i dzwonienia;
- bóle gałek ocznych;
- wypadanie włosów;
- zaburzenia w pracy serca.

Efekty termiczne fal radiowych i mikrofalowych:

- zaćma soczewki;
- wady wrodzone;
- reakcje hormonalne (wzrost kortykosteronu);
- upośledzenie wykonywania czynności wyuczonych;
- uruchomienie mechanizmów termoregulacyjnych;
- wrażenia słuchowe;
- zmiany zapisu EEG;
- wzrost przepuszczalności bariery krew–mózg.

Efekty nietermiczne działania fal radiowych i mikrofalowych na komórki i struktury subkomórkowe:

I Efekty prawdopodobne, potwierdzone:

- zmiana przepuszczalności błony komórkowej oraz transportu błonowego:
 - wzrost wypływu jonów wapnia,
 - zmiana transportu jonów sodu i wapnia;
- efekty wtórne do zaburzeń transportu błonowego:
 - zmiany metabolizmu energetycznego komórki,
 - zmiany czynności proliferacyjnej i sekrecyjnej komórek.

II Efekty możliwe, wymagające potwierdzenia:

- hamowanie czynności komórek układu odpornościowego;
- synergizm działania z promotorami karcinogenezy;
- stymulacja sekrecji neurotransmiterów układu wegetatywnego;
- zmiany przewodnictwa nerwowego.

III Efekty wątpliwe, mało prawdopodobne:

- uszkodzenie strukturalne komórek;
- mutacje genowe, aberracje chromosomalne;
- bezpośredni wpływ na proliferację komórek.

Inne kierunki działania pól elektromagnetycznych:

- polaryzacja cząsteczek, drobnych zawiesin i komórek w płynach ustrojowych;
- zmiana przepuszczalności błon komórkowych;
- objawy pobudzenia układu przywspółczulnego;
- wzrost potliwości;
- zaburzenia pobudzenia i hamowania w CSN (stany nerwicowe);
- natężenie powyżej 100 W/cm² powodujące zaburzenie laktacji u samic, zaburzenia spermatogenezy;
- niejednoznaczne zmiany (wzrost lub spadek) ilości leukocytów, zmiany czasów krzepnięcia i krwawienia.

Działanie pulsującego pola elektromagnetycznego na ustrój:

- stymulacja syntezy prostaglandyn;
- stymulacja syntezy kolagenu;
- wzrost syntezy i uwalniania kortykosteronu.

Telefonia komórkowa

Podczas pracy aparatu komórkowego wokół jego anteny pojawia się pole elektromagnetyczne o częstotliwości odpowiadającej zakresowi pracy nadajnika (częstotliwości pracy stacji bazowej). W czasie pracy telefon komórkowy wytwarza strumień energii o gęstości od $2,75 \text{ W/m}^2$ do $7,5 \text{ W/m}^2$ na poziomie głowy i oczu użytkownika. Według polskich kryteriów są to wartości znaczne. Dopuszczalny czas przebywania w takich polach wynosi do 4,23 godziny na dobę. Podczas korzystania z telefonu komórkowego 70% emitowanej energii kieruje się do głowy, części ciała najbardziej wyczułonej na pola elektromagnetyczne. W literaturze podawane są dane, że telefony komórkowe mogą wpływać na ciśnienie tętnicze krwi. Wykazano to na kilkunastu ochotnikach z Freiburga, że używanie telefonów komórkowych przez 35 minut w ciągu doby zwiększa ciśnienie krwi ochotników o 5–10 mmHg. Częstotliwości wykorzystywane w telefonii komórkowej mogą mieć wpływ na przepływ jonów wapnia w organizmie i produkcję melatoniny. Szczególnie wrażliwe są oczy i ośrodkowy układ nerwowy. Amerykańscy uczeni z Royal Adelaide Hospital przeprowadzili badania na myszach i sugerują, że istnieje związek między używaniem telefonów komórkowych a chorobami nowotworowymi. Twierdzą oni, że fale radiowe wysyłane przez telefon komórkowy powodują uszkodzenia w DNA znajdującym się w komórkach mózgu. Bezprzewodowy telefon powoduje podgrzanie ciała użytkownika. Soczewka oka przewodzi ciepło, które wytwarza pole elektromagnetyczne, lecz nie może go odprowadzić. Już przy 30–40 watach temperatura soczewki oka może wzrastać o 2 stopnie na minutę. Przy 44 stopniach może dojść do zaćmy. Jednak trzeba pamiętać, że telefony generują strumień energii około 100–1000 razy mniejszy. Poza soczewką oka najbardziej narażony na tego typu promieniowanie jest ośrodkowy układ nerwowy. Aktualnie brak wiarygodnych dowodów epidemiologicznych na szczególną szkodliwość rozsądnego korzystania z telefonii komórkowej.

5. INFRADŹWIĘKI I ULTRADŹWIĘKI

Infradźwięki to drgania akustyczne o częstotliwościach niższych od słyszalnych przez człowieka (poniżej 16 Hz). Jedynym sposobem ochrony przed nimi jest ich unikanie lub niedopuszczenie do ich powstawania. Źródłem infradźwięków mogą być czynniki naturalne (wodospady, wiatry, burze, trzęsienia ziemi, erupcje wulkanów, masy wody w zaporach i kanałach wodnych) i sztuczne (eksplozja materiałów wybuchowych, transport lądowy, wodny i lotnictwo, maszyny i urządzenia przemysłowe – sprężarki, silniki wysokoprężne, młoty, wentylatory przemysłowe, dmuchawy wiel-

kopiecowe). Fale te osiągają bardzo duże długości (najkrótsza fala ma długość 17 m), mogą się rozchodzić na duże odległości od źródła (nawet setki kilometrów) i stwarzać zagrożenie na znacznym obszarze. U źródła powstania hałas ten może osiągać poziom dochodzący do 135 dB. Zagrożenie może być większe, jeżeli wystąpi jeszcze zjawisko rezonansu narządów wewnętrznych. Wtedy może dojść do zaburzeń w funkcjonowaniu komórek, tkanek, narządów. Stosuje się je do wyznaczania miejsc wybuchów, badania warstw atmosfery, badania środowisk wodnych.

Skutki działania infradźwięków w różnych poziomach natężenia:

- poniżej 120 dB – efekty słabo poznane, raczej nieszkodliwe;
- 120–140 dB – zakłócają procesy fizjologiczne (zaburzenie rytmu serca, obniżenie ciśnienia tętniczego, osłabienie, strach);
- 140–160 dB – rezonans narządów wewnętrznych może wywołać ich mechaniczne, nieodwracalne uszkodzenie;
- 160 i więcej dB – zgon.

Najlepszą ochronę przed szkodliwym działaniem infradźwięków stanowi ich zwalczanie u źródła powstawania, czyli na przykład w maszynach i urządzeniach. Również stosuje się:

- tłumiki hałasu na wlotach i wylotach powietrza (lub gazu) maszyn przemysłowych;
- właściwe fundamentowanie maszyn i urządzeń;
- usztywnianie konstrukcji ścian i budynków w przypadku ich rezonansów;
- dźwiękoszczelne kabiny o ciężkiej konstrukcji dla operatorów maszyn i urządzeń;
- aktywne metody redukcji hałasu związane z pochłanianiem i kompensacją dźwięku.

Ultradźwięki to mechaniczne zjawiska falowe (drgania akustyczne), których częstotliwość jest większa niż górna granica słyszalności ucha ludzkiego (powyżej 20 kHz). Ich własności zależą od ich częstości drgań i energii. Źródłem ultradźwięków są urządzenia stosowane przy produkcji emulsji, między innymi w przemyśle fotograficznym, farmaceutycznym, fizykoterapii, diagnostyce medycznej; lutownice ultradźwiękowe, wanny lutownicze, nagrzewarki, płuczki, narzędzia pneumatyczne, sprężarki, palniki, niektóre maszyny włókiennicze.

Ultradźwięki o częstości drgań 20–100 kHz w pomieszczeniu wytwarzają się za pomocą syren lub generatorów aerodynamicznych. Ultradźwięki o tej częstości drgań są bardzo szkodliwe dla zdrowia (zawarte w hałasach wielu maszyn). W powietrzu ultradźwięki ulegają silnemu pochłanianiu, tym silniejszemu, im wyższa jest częstość drgań. Z tego powodu średnie i wysokie ultradźwięki w powietrzu odgrywają małą rolę. W cieczach ultradźwięki wytwarzają się za pomocą puszczalek płynowych. Niskie i średnie ultradźwięki (do częstości drgań 300–500 kHz) wytwarzają w cieczy zjawisko kawitacji – tworzenia się pęcherzyków napełnionych parą nasyconą lub rozpuszczonymi w cieczy gazami.

Mają duże znaczenie i zastosowanie. W przemyśle stosuje się duże moce do:

- spawania mas plastycznych, metali;
- sterylizacji i suszenia produktów spożywczych;
- mycia szkła laboratoryjnego o skomplikowanych kształtach i niewielkich otworach, na przykład rurek kapilar, stożków Imhoffa, końcówek pipet, węzownic, tłuszczomierzy itp.;

- do mycia przedmiotów metalowych i plastikowych, takich jak kuwety bioanalyzerów, sit granulometrycznych o mikrometrowych oczkach, mycia filtrów i pierścieni ceramicznych;
- mycia narzędzi medycznych (w tym laparoskopowych) i stomatologicznych;
- przetworniki ultradźwiękowe umieszczone w rurociągu zapobiegają osadzaniu się zanieczyszczeń na sondach przyrządów pomiarowych;
- myjnie pełniąc funkcję łaźni ultradźwiękowych, pozwalają: odgazowywać roztwory chromatograficzne lub absorpcyjne; umożliwiają tworzenie emulsji albo dyspergowanie ciał stałych w cieczach; przyspieszają przebieg reakcji chemicznych, zwłaszcza syntez organometalicznych.

Małe moce stosuje się przede wszystkim w medycynie w ultrasonografii. Stosowane w diagnostyce medycznej moce nie wywołują szkodliwych efektów dla zdrowia.

Ultradźwięki w małych dawkach pobudzają, w silnych hamują, a w bardzo silnych porażają czynności życiowe komórki.

Skutki działania ultradźwięków w różnych poziomach natężenia:

- natężenie małe ($0,1 \text{ mW/cm}^2$ – 1 mW/cm^2) przyspiesza przemianę materii, niewielkie nagrzanie i mikromasaż tkanek, stosowane w USG i terapii ultradźwiękowej;
- natężenie średnie (1 mW/cm^2 – 10 mW/cm^2) powoduje odwracalne zmiany, głównie w tkance nerwowej;
- natężenie duże (10 mW/cm^2 – 100 mW/cm^2) powoduje zmiany nieodwracalne, prowadzące do całkowitego zniszczenia tkanki, stosowane w chirurgii ultradźwiękowej.

Działanie lecznicze ultradźwięków polega na: działaniu przeciwbólowym, zmniejszaniu napięcia mięśni, rozszerzaniu naczyń krwionośnych, hamowaniu procesów zapalnych, wyzwalaniu mediatorów aktywnych biologicznie, działaniu na wegetatywny układ nerwowy, leczeniu choroby zwyrodnieniowej stawów, leczeniu zapaleń okołostawowych, leczeniu nerwobóli, leczeniu zespołów bólowych kręgosłupa.

Pod wpływem ultradźwięków może dojść do następujących procesów fizykochemicznych: depolimeryzacji dużych biomolekuł (polisacharydów, białek), zjawiska tiksotropii, wzrostu przewodnictwa elektrycznego, katalizowania reakcji chemicznych, przesunięcia pH w stronę zasadową, wzrostu dyfuzji, tworzenia emulsji.

Skutki biologiczne działania ultradźwięków:

- duże natężenia (ponad 30 kW/m^2) powodują uszkodzenia komórek, tkanek, narządów; niekiedy wykorzystywane są w terapii;
- w diagnostyce używane są ultradźwięki o mniejszych natężeniach, ale o wyższych częstotliwościach;
- w przemyśle stosuje się ultradźwięki o niskich częstotliwościach ($< 100 \text{ kHz}$), które są niebezpieczne dla zdrowia, szczególnie przez kontakt z wodą.

Wpływ na komórki:

- małe i średnie natężenia powodują zaburzenia w funkcjonowaniu cytoplazmy, zwiększenie przepuszczalności błony komórkowej;

- duże natężenia prowadzą do deformacji jąder, przerwania błony komórkowej (np. pantofelki ulegają kawitacji, a w następstwie natychmiastowemu rozpadowi).

Wpływ na tkanki i narządy:

- w tkankach dochodzi do zmian fizycznych i chemicznych, zmienia się pH w kierunku zasadowym, zaburzenie równowagi jonowej, osmotycznej, koloidalnej, obniżenie aktywności enzymów;
- rozpad większych cząsteczek (np. białek);
- przeciwbólowy, przeciwskurczowy, przeciwzapalny;
- na skórze powstają oparzenia;
- w kościach powodują przegrzanie okostnej, odwapnienia, niebezpieczne działanie na strefy wzrostowe kości u płodów (wady wrodzone szkieletu);
- w układzie krążenia – rozszerzanie naczyń, co prowadzi do przegrzania tkanek; skurcze naczyń między innymi wieńcowych;
- w ośrodkowym układzie nerwowym – wzrost temperatury; duże natężenia wywołują ogniska martwicy i porażenia rdzeniowe;
- w stanach zapalnych nerwów i w nerwobólach stwierdza się korzystne działanie lecznicze, a większe natężenia prowadzą do zaburzeń czucia i porażenia nerwów.

Wpływ ogólnoustrojowy:

- powodują zaburzenia hormonalne, na przykład cyklu miesięczkowego u kobiet;
- duże natężenia powodują zmiany zwyrodnieniowe narządów;
- uszkodzenie narządów zmysłów, na przykład oka;
- pobudzają nowotwory do szybkiego rozwoju.

Leczenie zaburzeń wywołanych ultradźwiękami uzależnione jest od charakteru i rozległości odchylenia w stanie zdrowia. Profilaktyka techniczna polega na hermetyzacji urządzeń, automatyzacji procesów technologicznych i odpowiedniej ekranizacji.

Zastosowanie ultradźwięków w medycynie:

1) w terapii:

- w chorobach narządu ruchu i tkanki łącznej oraz nerwów obwodowych,
- przeciwwskazane jest leczenie ultradźwiękami kobiet w ciąży, dzieci i młodzieży oraz w stanach nowotworowych, chorobach gorączkowych, gruźlicy;

2) w diagnostyce:

- wykorzystuje się zjawisko odbicia impulsów ultradźwiękowych od powierzchni rozgraniczających ośrodki różniące się wartością impedancji akustycznej,
- metody te umożliwiają wykrycie nawet małych zmian w tkankach (miękkich), które są niewidoczne na zdjęciach rentgenowskich;

3) inne zastosowania:

- do inaktywacji bakterii do produkcji szczepionek,
- do rozpylania leków podawanych w postaci inhalacji (aerozole),
- do sporządzania emulsji,
- do homogenizacji tkanek (w badaniach biochemicznych),
- do budowy przyrządów dla orientacji niewidomych, mikroskopu ultradźwiękowego.

W profilaktyce szkodliwego działania hałasu ultradźwiękowego obowiązują takie same wymagania i zasady jak w przypadku hałasu. Przy narażeniu na ultradźwięki należy zwiększyć częstotliwość badań lekarskich, tzn. wykonywać je co 2 lata. Ze względu na krótkofalowość ultradźwięków niskich częstotliwości rozchodzących się w powietrzu (długości fal od 3 mm do 2 cm) stosunkowo łatwo jest ograniczyć ich szkodliwe oddziaływanie na człowieka, na przykład przez hermetyzację i obudowanie źródeł, zdalne sterowanie procesem technologicznym, w którym zastosowano ultradźwięki, unikanie kontaktu z przetwornikiem ultradźwiękowym, cieczą, stosowanie środków ochrony indywidualnej itp.

Promieniowanie jonizujące (PJ) – to fale elektromagnetyczne lub cząsteczki materialne posiadające energię, która potrzebna jest do zjonizowania atomów lub cząsteczek. Źródła promieniowania jonizującego dzieli się na naturalne i sztuczne (naturalne: promieniowanie kosmiczne, promieniowanie ze skorupy ziemskiej, od pierwiastków promieniotwórczych; sztuczne: reaktory atomowe, izotopy promieniotwórcze).

Wpływ promieniowania jonizującego na narządy:

1) układ krwionośny: zanikają komórki krwiotwórcze w szpiku.

Przy dużej dawce PJ następuje aplazja szpiku: ciała czerwone – anemia z objawami niedotlenienia narządów, ciała białe (leukopenia lub całkowity zanik białych ciałek) – infekcje, zmniejszenie odporności organizmu, trombocyty – skaza krwotoczna;

2) układ krążenia: serce – ogniska mikrozawałów, zaburzenia przewodnictwa, uszkodzenia ścian naczyń, zwiększenie przepuszczalności błon komórkowych;

3) układ oddechowy: zapalenie płuc, zwłóknienie płuc;

4) układ pokarmowy: uszkodzenia błon śluzowych (martwice, nadżerki, owrzodzenia), wywołujące bóle, skurcze jelitowe, biegunkę (następstwem może być perforacja i dostanie się mas pokarmowych do jamy otrzewnej, zaburzenia resorpcji i perystaltyki jelit);

5) skóra: martwice, przerosty, czasami nowotwory, zaburzenia pracy gruczołów, wypadanie włosów;

6) gruczoły wydzielania wewnętrznego: zmiany zwyrodnieniowe w tarczycy, nadnerczach, przysadce oraz zaburzenia funkcji gruczołów rozrodczych, czego efektem może być zaburzenie cyklu płciowego u kobiet, zaburzenia spermatogenezy i oogenezy, mutacje w komórkach rozrodczych;

7) układ moczowy: zwyrodnienia w nerkach, upośledzenie funkcji nerek;

8) narządy ruchu: uszkodzenie chrząstki stawowej, hamujące działanie na strefy wzrostu w kościach głównie u dzieci, odwapnienia kości;

9) oko: działanie na soczewkę (zaćma), uszkodzenie rogówki;

10) centralny system nerwowy (martwica komórek nerwowych wskutek uszkodzenia naczyń krwionośnych).

6. DZIAŁANIE PYŁÓW NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

Pyły są to cząstki ciała stałego zawarte w powietrzu. Ze względu na zachowanie pod wpływem siły grawitacji rozróżniamy:

- pył **opadający**, czyli taki który ulega sedymentacji;
- pył **zawieszony**, który nie ulega opadaniu (największe znaczenie dla zdrowia człowieka ma pył zawieszony o rozmiarach od 0,1–100 μm . Tego typu cząstki występują w typowym pyłe przemysłowym).

Źródła zapylenia:

- naturalne (powstają w wyniku wietrzenia skał, wybuchów wulkanów);
- sztuczne (spowodowane działalnością człowieka, w tym pyły przemysłowe).

Podział pyłów przemysłowych można przeprowadzić według różnych kryteriów:

1. Podział pyłów w zależności od pochodzenia fazy rozproszonej:
 - organiczne – pochodzenia zwierzęcego, roślinnego i chemicznego,
 - nieorganiczne – mineralne, metaliczne,
 - mieszane.
2. Podział pyłów w zależności od ich właściwości biologicznych:
 - **pyły o działaniu drażniącym** (węgiel, żelazo, szkło, aluminium, związki baru):
 - nie powodują w zasadzie rozrostu tkanki łącznej włóknistej w płucach;
 - mogą być przyczyną słabego odczynu fibroblastycznego podczas długotrwałego narażenia,
 - doprowadzają do zmian czynnościowych układu oddechowego niewielkiego stopnia;
 - **pyły o działaniu zwłókniającym** (krystaliczne formy dwutlenku krzemu – kwarc, krystobalit oraz niektóre krzemiany – azbest, talk, kaolin, pył z kopalni węgla lub rudy żelaza):
 - powodują odczyn wytwórczy ze strony tkanki łącznej włóknistej prowadzący do:
 - ♦ uszkodzenia anatomicznego i czynnościowego układu oddechowego, a w konsekwencji także układu krążenia,
 - ♦ zwiększają predyspozycje płuc do chorób o charakterze infekcyjnym, a niektóre z nich mogą być przyczyną nowotworów układu oddechowego;
 - **pyły o działaniu alergizującym**:
 - pochodzenia organicznego – bawełna, wełna, konopie, len, pyły sierści, jedwab, surowe owoce, sporysz, puder ryżowy, pył mąki,
 - pochodzenia chemicznego – leki, pyły niektórych metali (chromu, kobaltu i niklu) wywołują:
 - ♦ schorzenia alergiczne, w tym astmę oskrzelową, gorączkę włóknarzy i odlewników,
 - ♦ gorączkę poniedziałkową,
 - ♦ zwiększają predyspozycje do chorób infekcyjnych,
 - ♦ uszkadzają anatomicznie i czynnościowo narząd oddechowy i układ krążenia;

- **pyły o działaniu toksycznym** – pyły zawierające: ołów, siarkę, związki chromu, środki owadobójcze:
 - mogą prowadzić do zatruc ostrych i przewlekłych o różnym stopniu nasilenia objawów.

Działanie pyłów na organizm może odbywać się drogą:

- skórą (pyły lipofilne) – powodują podrażnienie, świąd, zatkanie ujść gruczołów potowych, łojowych);
- przez układ oddechowy – jest to najczęściej spotykana droga działania pyłu. W zależności od wielkości cząsteczki pyłu różne jest ich miejsce osadzania się i biologicznego oddziaływania na drogi oddechowe;
- cząstki o średnicy powyżej 10 μm (pyły cementu, baru, żelaza, gipsu) – zatrzymywane są głównie w jamie nosowo-gardłowej; powodują mechaniczne uszkodzenie śluzówki;
- cząstki o średnicy do 1 μm . Około 5% dochodzi do pęcherzyków płucnych, reszta osadzana jest w oskrzelach sprzyjając rozwojowi drobnoustrojów chorobotwórczych;
- cząstki o średnicy poniżej 0,5 μm – osadzone są w pęcherzykach płucnych – frakcja respirabilna o największym znaczeniu chorobotwórczym.

Działanie chorobotwórcze pyłów związane jest nie tylko z wielkością cząstek, ale także z długością czasu ekspozycji i stężeniem pyłu. W celu określenia wartości limitujących, których przekroczenie stwarza niebezpieczeństwo uszkodzenia chorobowego zostały określone najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS).

Określając NDS dla dużej grupy pyłów ważnym parametrem jest zawartość wolnej krystalicznej krzemionki w pyłach całkowitych i respirabilnych.

Zawartość wolnej krystalicznej krzemionki w pyłach:

- od 70–100% (w pyłach kwarcu, krzemienia, piasku kwarcowego, kwarcytu, piaskowca kwarcytowego, łupków kwarcytowych);
- od 10–70% (w pyłach granitu, łupków mikowych, surowca skaleniowego, mułowca, ilu, łupków ogniotrwałych, magnezytu, gipsu, węgla brunatnego, popiołu węgla kamiennego, wapienia, dolomitu, boksytu);
- poniżej 10% (w pyłach cegły magnezytowej, cementu, karborundu, szkła krzemionkowego, wełny szklanej).

Dla pyłów azbestu (grupa uwodnionych krzemianów mających postać włóknistą) przy określeniu NDS brany jest pod uwagę rodzaj azbestu oraz długość jego włókien.

Osoby najbardziej narażone na działanie pyłów z zawartością wolnej krystalicznej krzemionki i krzemianów to: górnicy, pracownicy kamieniołomów, pracownicy fabryk porcelany, szkła, pracownicy przemysłu ciężkiego, pracownicy elektrociepłowni.

Parametry pyłów wpływające na skutki ich działania:

- stężenie, wymiary i kształt cząstek;
- skład chemiczny i struktura krystaliczna;

- właściwości wybuchowe;
- ładunek elektrostatyczny;
- fizykochemiczne właściwości powierzchniowe pyłów;
- stężenie pyłów w powietrzu;
- czas ekspozycji.

Własności pyłów są ściśle związane z własnościami substancji, z których powstały.

Zespoły chorobowe będące skutkiem działania pyłów najczęściej dzieli się na trzy grupy:

1) pylice płuc:

- kolagenowe (patologiczny rozwój tkanki łącznej powodujący trwałe uszkodzenie struktury pęcherzyków płucnych i zmiany bliznowate),
- niekolagenowe (nieznaczny i potencjalnie odwracalny rozwój w tkance płucnej włókien retykulinowych bez zmian w strukturze pęcherzyków płucnych),
- mieszane;

2) schorzenia przebiegające bez odczynów włóknistych:

- nieżyty górnych dróg oddechowych,
- przewlekłe zapalenie oskrzeli (PZO),
- schorzenia alergiczne (astma, przewlekłe zapalenie pęcherzyków płucnych);

3) schorzenia nowotworowe – pyły azbestu, pyły zawierające: związki chromu, arsenu, barwniki organiczne, pochodne smołowcowe, węglowodory aromatyczne.

Zapobieganie zagrożeniu zdrowia w wyniku ekspozycji na pyły:

- przeciwdziałanie powstawaniu zapylenia (odpowiednie technologie);
- izolacja stanowisk szczególnie pyłących (osłony, wentylacja z wyciągiem na zewnątrz);
- zwilżanie obrabianych materiałów;
- osłony osobiste (maski przeciwpylowe, skafandry z zamkniętym obiegiem tlenu);
- utrzymywanie higieny osobistej.

Zapobieganie medyczne:

Celem działań profilaktycznych w stosunku do osób narażonych na szkodliwe działanie pyłów jest zapobieganie pylicy krzemowej, azbestowej i zmianom nowotworowym. Pylice mogą się ujawnić po 5 latach pracy w szkodliwych warunkach (średni okres rozwoju pylic to 15 lat, nowotworów powyżej 20 lat).

- monitoring zapylenia miejsca pracy;
- biomonitoring (obejmuje RTG płuc, kontrolę sprawności wentylacji układu oddechowego, określenie aktywności makrofagów w płwocinie i płynie oskrzelowo-pęcherzykowym, obecność i liczbę cząstek pyłu i innych markerów uszkodzenia pyłowego, na które pracownik jest narażony);
- kontrolne badania lekarskie.

Ludzie, którzy są przyjmowani do pracy w warunkach zapylenia, powinni być zdrowi i wolni od schorzeń płucnych (bardzo dobra sprawność wentylacyjna, najlepiej bez alergii). Im większy jest stopień rozdrobnienia fazy rozproszonej, tym większa jest powierzchnia cząstek, co powoduje wzrost możliwości absorpcyjnych innych substancji w fazie gazowej i ciekłej, które przenikają do pęcherzyków płucnych i ulegają wchłonięciu.

Ziarna pyłów hydrofilnych rozpuszczają się w cieczach ustrojowych i opuszczają płuca powodując przewlekły nieżyt oskrzeli prowadzący do rozedmy nieżytowej. Na efekt uszkadzający pyłów również ma wpływ kształt (ostre kany, sztywność, długość włókien – azbest, nieazbestowe naturalne włókna mineralne i włókna sztuczne). Najbardziej niebezpieczna frakcja włókien to włókna o średnicy 0,1–0,15 μm i długości 10–50 μm .

Żeby móc zapobiegać skutkom działania pyłów musimy umieć oceniać zapylenie.

Metody oceny zapylenia:

- metoda naczyń osadowych (zbieranie w określonym czasie pyłu opadającego z powietrza na określoną powierzchnię. Ogólną ilość pyłu przelicza się na jednostkę powierzchni i podaje w $\text{mg}/\text{m}^3/\text{jednostkę czasu}$);
- metoda aspiracyjna (przepuszczenie znanej objętości badanego powietrza przez wysuszony, zważony, niehigroskopijny filtr, następnie po wysuszeniu i zważeniu filtra z pyłem oblicza się zawartość pyłu w jednostkach wagowych na jednostkę objętości powietrza).

Metody pomiaru stężenia pyłu:

- wagowe (określa się masę cząstek pyłu zawartego w jednostce objętości powietrza w mg/m^3);
- liczbowe (określa się liczbę cząstek pyłu zawartych w jednostce objętości powietrza, liczba cząstek/ cm^3).

7. ELEMENTY BIOMETEOROLOGII I BIOKLIMATOLOGII

Meteorologia jest jedną z nauk o fizyce Ziemi, badająca procesy i zjawiska fizyczne zachodzące w atmosferze. Zajmuje się badaniem atmosfery (powłoki powietrznej otaczającej glob).

Elementami meteorologicznymi nazywamy wielkości charakteryzujące stany fizyczne atmosfery. Do nich zaliczamy: promieniowanie słoneczne, temperaturę, wilgotność powietrza, zachmurzenie, opady atmosferyczne, ciśnienie powietrza, wiatr i inne.

Głównym zadaniem meteorologii są obserwacje i pomiary powyższych elementów, potrzebne do wyjaśnienia procesów zachodzących w atmosferze (powstawanie burz, rozwój czy zanik mgieł, chmur).

Meteorologia dzieli się na wiele gałęzi:

- aerologia (bada wyższe warstwy atmosfery);
- dynamika atmosfery (określa prawidłowości zjawisk ruchu powietrza);
- pogodoznawstwo (meteorologia synoptyczna);
- biometeorologia (zajmuje się wpływem pogody i jej elementów na organizmy żywe, przede wszystkim na człowieka, jego samopoczucie i zdrowie);
- meteorologia rolnicza (agrometeorologia – bada wpływ pogody na rośliny uprawne);
- meteorologia lotnicza;

- meteorologia morska;
- meteorologia wojskowa;
- klimatologia i bioklimatologia itp.

Podstawowe pojęcia w meteorologii:

- pogoda – to zespół stanów i zmian czynników meteorologicznych obserwowanych w określonym czasie i miejscu (czynniki meteorologiczne to: ciśnienie atmosferyczne, temperatura powietrza, zawartość pary wodnej w powietrzu, przejrzystość powietrza, skłonność do tworzenia się kropelek wody i kryształków lodu w powietrzu lub na powierzchni gruntu, stan zachmurzenia nieba, wysokość na jakiej występują chmury i ich rodzaj, opady, kierunek, prędkość i struktura ruchu powietrza i inne);
- klimat – to charakterystyczny dla danego obszaru przebieg roczny warunków atmosferycznych, określony na podstawie wieloletnich obserwacji (około 30 lat), całokształt typów pogody – ich różnorodność, następstwo i częstość występowania;
- czynniki klimatologiczne – zespół czynników warunkujących zjawiska klimatyczne: promieniowanie słoneczne, szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, odległość od oceanów i mórz oraz lądów i gór, rodzaj podłoża, kierunek napływu wilgotnych lub suchych mas powietrza itp.;
- elementy klimatologiczne – to, na co wpływają powyższe czynniki: temperaturę, wilgotność powietrza, zachmurzenie, opady atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru i inne, określone w przekroju wieloletnim;
- makroklimat – klimatyczne warunki atmosferyczne nad większymi terenami;
- mikroklimat – warunki klimatyczne w bezpośrednim otoczeniu organizmów żywych (czynnikami fizycznymi tworzącymi mikroklimat są: temperatura i wilgotność powietrza, ruch powietrza, promieniowanie ciepłe);
- front atmosferyczny – wąska przejściowa strefa powietrza, która oddziela dwie masy powietrza o odmiennych właściwościach. To rozgraniczenie zwane jest powierzchnią frontalną. Przecięcie powierzchni frontalnej powierzchnią Ziemi nazywa się frontem (linią frontu);
- meteorotropizm – wrażliwość żywych organizmów na bodźce meteorologiczne;
- wilgotność powietrza – zawartość pary wodnej w jednostce objętości lub masy powietrza atmosferycznego (dzieli się na wilgotność względną $[W_w]$, bezwzględną $[W_B]$ i maksymalną $[W_{max}]$; $W_w = [W_B/W_{max}] \cdot 100\%$);
- wilgotność względna – określa jaki procent ilości pary wodnej, która byłaby zawarta w warunkach nasycenia, stanowi ilość pary wodnej zawartej aktualnie w tej objętości;
- wilgotność bezwzględna – ilość pary wodnej znajdującej się w danej chwili;
- w powietrzu, wyrażona w g H_2O/m^3 powietrza lub w mm słupa Hg;
- wilgotność maksymalna – to maksymalna zawartość pary wodnej, stała dla danej temperatury, wyrażona w g H_2O/m^3 powietrza lub w mm słupa Hg.

Początek rozwoju biometeorologii datuje się na koniec XIX wieku. Nauka ta bardzo szybko rozwijała się w krajach anglosaskich i w Niemczech. W 1956 roku powstało Międzynarodowe Towarzystwo Biometeorologii przy UNESCO w Paryżu.

Biometeorologia jest to nauka zajmująca się oddziaływaniem zjawisk i procesów, które zachodzą w środowisku naturalnym (w atmosferze ziemskiej) na fizykochemiczne układy i na organizmy żywe.

Biometeorologia dzieli się na:

- roślinną lub fitologiczną,
- zwierzęcą lub zoologiczną,
- kosmiczną,
- przestrzeni kosmicznej,
- człowieka.

Podział biometeorologii człowieka:

- meteorologia aklimatyzacji (bada wpływ klimatu i pogody na przebieg zjawisk fizjologicznych zdrowego człowieka w różnych warunkach);
- meteorofizjologia psychologiczna, społeczna, archeologiczna, urbanistyczna, sportu;
- meteoropatologia (zajmuje się wpływem poszczególnych czynników meteorologicznych, na przykład wilgotności i temperatury powietrza, wiatru na patogenezę, przebieg i epidemiologię chorób człowieka);
- klimatoterapia (wykorzystuje dla celów leczniczych szczególne cechy klimatu określonych miejscowości uzdrowiskowych w poszczególnych porach roku);
- meteoropatologia farmakologiczna (bada wpływ klimatu i pogody na farmakodynamikę leków i efektywność zastosowanych leków w zależności od pory roku i temperatury);
- meteoropatologia morska (bada wpływ pogody i klimatu na ludzi podczas rejsów morskich).

Bioklimatologia – nauka zajmująca się badaniem wpływu klimatu (na przykład temperatury, nasłonecznienia, ciśnienia atmosferycznego) na procesy fizjologiczne roślin, zwierząt i człowieka oraz ich rozmieszczenia na Ziemi. Współczesna klimatologia wychodzi z założenia, że pogoda i poszczególne elementy pogodotwórcze determinują i modyfikują przebieg procesów chorobowych. Działanie patogenne wywołane jest zmianami czynników meteorologicznych i zależy od dynamiki zmian tych czynników.

W przypadku chorób zakaźnych udowodniono, że ogniska naturalne tych chorób powstają w określonych warunkach geograficznych, w których działają czynniki niezbędne dla istnienia i wzajemnego powiązania czterech ogniw łańcucha epidemiologicznego (człowiek – przenosiciel – zarazek – jego istnienie w przyrodzie).

W bioklimatologii chorób niezakaźnych wyróżnia się czynniki biometeorologiczne działające na:

- skórę (temperatura i ruch powietrza, opady atmosferyczne, nasłonecznienie, promieniowanie jonizujące);
- drogi oddechowe (temperatura i ruch powietrza, ciśnienie atmosferyczne, zawartość w powietrzu ozonu);
- narządy zmysłów (krajobraz, nasłonecznienie, burze, szum morza, deszcz, zapach roślin).

Schorzenia związane z aktywnymi sytuacjami meteotropowymi (przechodzeniem frontu atmosferycznego ciepłego lub chłodnego, przechodzeniem więcej niż jednego frontu w ciągu doby, wyż zaburzony frontem atmosferycznym) to:

- choroby gośćcowe,
- nieżyty żołądkowe i jelitowe,
- zaburzenia neurologiczne,
- choroby układu krążenia.

Człowiek jest organizmem stałocieplnym (temperatura wewnętrzna ciała wynosi około 37°C). Żeby zachować ten stan musi być zapewniona równowaga pomiędzy zyskami i stratami ciepła, czyli musi być zrównoważony bilans ciepła. Człowiek zyskuje ciepło przede wszystkim z przemian metabolicznych oraz przez promieniowanie i konwekcję ze środowiska cieplejszego od średniej ważonej temperatury skóry. Traci ciepło drogą promieniowania i konwekcji do środowiska chłodniejszego niż średnia ważona temperatura skóry, również przez parowanie wody z dróg oddechowych, jak i potu na powierzchni skóry.

Jeżeli równowaga pomiędzy ciepłem wytwarzanym i ciepłem traconym zostanie zachwiana, ciało wtedy magazynuje lub ma niedobór ciepła, czego efektem jest zmiana temperatury ciała. Temperatura wewnętrzna jest fizyczną wypadkową równowagi między ciepłem zyskiwanym przez organizm a ciepłem rozpraszającym do otoczenia. Równowaga cieplna jest osiągalna przez regulację biologiczną, która może się odbywać na drodze fizjologicznej i behawioralnej. Termoregulacja behawioralna sprowadza się do stosowania odpowiednio dobranej odzieży oraz ogrzewania lub klimatyzowania pomieszczeń. Regulacja fizjologiczna zachodzi wtedy, gdy regulacja behawioralna jest niewystarczająca, a jej uruchomienie następuje odruchowo.

Komfort cieplny – jest to taki zespół wartości parametrów meteorologicznych (temperatura, ciśnienie, wilgotność itp.), przy którym większość ludzi czuje się najlepiej i nie odczuwa ani ciepła, ani chłodu. W takich warunkach gospodarka cieplna ustroju człowieka przebiega najbardziej ekonomicznie, czyli stan równowagi między ustrojem a otoczeniem, w którym utrata ciepła drogą bierną jest minimalna, a czynna się jeszcze nie zaczęła.

Warunki komfortu cieplnego dla człowieka ubranego, będącego w spoczynku, spełnione są przy następujących parametrach atmosfery:

- temperatura około 21°C,
- wilgotność względna około 50%,
- ruch powietrza poniżej 0,1 m/s.

W czasie pracy fizycznej powyższe granice przesuwają się w dół w tym większym stopniu, im większy jest wydatek energetyczny podczas wykonywania czynności zawodowych.

Odzież jest głównym elementem, który powinien zapewnić człowiekowi komfort cieplny w różnych warunkach środowiska termicznego oraz przy różnym wysiłku fizycznym. Bilans cieplny organizmu w obszarze komfortu cieplnego jest zrównoważony. Oddawanie ciepła odbywa się przez promieniowanie i konwekcję oraz pocenie niewyczuwalne i przez układ oddechowy.

Zmienna aktywność fizyczna człowieka, przyzwyczajenia, odzież, stan zdrowia, stopień aklimatyzacji i czynniki mikroklimatyczne powodują przesunięcie granic komfortu cieplnego.

Równowaga cieplna w zimie

Zależy od zdolności organizmu do produkcji ciepła i jego zatrzymywania. Największa produkcja ciepła zachodzi w mięśniach. W zimie zachowanie ciepła jest możliwe dzięki ograniczeniu ilości ciepła przenoszonego z wnętrza ciała do kończyn i wzrostowi izolacji tkanek powierzchniowych przez zwężenie głębszych naczyń krwionośnych w kończynach, jak też naczyń powierzchniowych. Wnętrze i powierzchnia kończyn ochładzają się, zmniejszając gradient temperatury między powierzchnią ciała a otoczeniem, co powoduje ograniczenie utraty ciepła.

Równowaga cieplna w środowisku gorącym

Zależy od zdolności do rozpraszania ciepła wynikającego z przemian metabolicznych, jak również pobranego ze środowiska. Rozpraszanie ciepła oraz utrzymanie średniej temperatury powierzchni skóry wymaga przepływu krwi z wnętrza ciała do skóry, która jest chłodniejsza niż wnętrze oraz wymaga zarówno produkcji, jak i parowania odpowiedniej ilości potu.

Praca, jaką wykonuje się w środowisku gorącym wymaga przepływu krwi z serca do pracujących mięśni, jak też transportu ciepła z wnętrza na powierzchnię ciała. Osiągająca objętość minutowa serca może być niewystarczająca w tej sytuacji do utrzymania ciśnienia krwi, zwłaszcza, że osocze krwi jest źródłem wody dla potu. Nieodpowiednie przemieszczenie wody może zredukować objętość krążącej krwi i zmniejszyć objętość minutową serca.

Tolerancja gorąca

Z wiekiem następują zmiany funkcjonalne w organizmie człowieka. Zmniejsza się jego sprawność czynnościowa tkanek, narządów i mechanizmów regulacyjnych oraz obniża się sprawność adaptacyjna organizmu, co objawia się zmniejszeniem tolerancji niskiej i wysokiej temperatury otoczenia i tolerancji wysiłkowej.

Słabsza tolerancja gorąca u osób starszych jest spowodowana:

- zmniejszeniem wydolności fizycznej,
- wzrostem chronicznych zachorowań,
- większą ilością zażywanych leków,
- czynnikami socjoekonomicznymi,
- zmienionym składem ciała.

Stres termiczny

Tabela 16

Etiologia stresu termicznego i reakcja organizmu na jego powstanie

Przyczyny stresu termicznego	Odpowiedź organizmu człowieka na stres termiczny	Skutki działania mechanizmów
– brak bilansu cieplnego (zwiększenie metabolicznej produkcji ciepła, zwiększenie wilgotności powietrza, zmiana szybkości przepływu powietrza, gdy jego temperatura jest wyższa od średniej temperatury skóry)	– rozszerzenie naczyń krwionośnych skóry – wzrost skórny przepływu krwi – po przekroczeniu temperatury otoczenia 28–32°C, zostaje uruchomione wydzielanie potu	– zmiany w rozmieszczeniu krwi w ustroju – odwodnienie i utrata soli mineralnych – wzrost temperatury ciała

Celem powyższych mechanizmów jest utrzymanie homeostazy termicznej w ustroju, pomimo zmian zachodzących w środowisku zewnętrznym.

Wpływ wilgotności powietrza na organizm człowieka

Dużą rolę w ocenie warunków fizycznych powietrza odgrywa dla zdrowia człowieka wilgotność powietrza. Zarówno nadmiar, jak i brak odpowiedniej wilgotności powietrza może szkodliwie działać na zdrowie człowieka i jego otoczenie.

Wilgotność powietrza poniżej 30% jest powodem wysychania błon śluzowych górnych dróg oddechowych. Osłabia to naturalną barierę ochronną organizmu przed wnikaniem drobnoustrojów.

Wysoka wilgotność powietrza w wysokich temperaturach utrudnia oddawanie ciepła przez parowanie potu z powierzchni skóry. W niskich temperaturach zwiększa oddawanie ciepła, ponieważ wilgotne powietrze jest lepszym przewodnikiem.

Wpływ ruchu powietrza na organizm człowieka

Ruch powietrza względem powierzchni ziemskiej wywołuje odpowiednia różnica ciśnienia w sąsiednich punktach atmosfery. Pozioma składowa tego ruchu nosi nazwę wiatru.

Powietrze, które owiewa człowieka porywa cząstki powietrza przylegające do jego skóry. Wprowadza w miejsce ich chłodne powietrze, które przejmuje ciepło ciała w temperaturze powyżej 37°C. Przyspieszenie ruchu powietrza powoduje zwiększenie odpływu ciepła, ponieważ na miejsce ogrzanego gazu napływa gaz chłodny.

Organizm ochładza się do górnej granicy przewodnictwa cieplnego właściwego skórze człowieka. Dalszy wzrost prędkości wiatru powoduje, że skóra ochładza się do pewnego minimum temperatury wiatru. Dalsze przyspieszenie wiatru już nie wpływa na ochładzanie organizmu.

Długotrwałe działanie ruchu powietrza o dużej szybkości powoduje: obniżenie ciśnienia krwi, bóle głowy, bóle serca, wzmożoną pobudliwość nerwową, zaburzenia psychiczne.

Wpływ zwiększonego ciśnienia atmosferycznego

Takie warunki pracy są charakterystyczne dla nurków i pracowników zatrudnionych w komorach hiperbarycznych.

Bezpośrednie działanie podwyższonego ciśnienia powoduje:

- uraz ciśnieniowy uszu (występuje w czasie upośledzonej drożności trąbki słuchowej; nie jest wtedy możliwe wyrównanie ciśnienia między uchem środkowym a środowiskiem zewnętrznym; objawy to: ból ucha, szum, przycięcie słuchu, może pęknąć błona bębenkowa);
- chorobę dekompresyjną (choroba kesonowa – spowodowana obniżeniem ciśnienia w otoczeniu; powstają pęcherzyki gazów w tkankach lub naczyniach krwionośnych; objawy: ból u 90% przypadków występujący najczęściej w kolanie, łokciu, barku, biodrze, a u 10% przypadków objawy występują ze strony układu nerwowego; mogą występować również zaburzenia funkcji układu oddechowego; główną metodą leczenia jest rekompresja, czyli ponowne podwyższenie ciśnienia otaczającego);
- chorobę wysokościową (ostra postać tej choroby występuje na wysokości 2000 m; objawy: zawroty i bóle głowy, zmęczenie, dreszcze, nudności i wymioty, blednięcie twarzy, duszność i sinica; później występują zaczerwienienie twarzy, drażliwość, zaburzenia koncentracji, szum w uszach, zaburzenia wzroku i słuchu, bezsenność, utrata masy ciała; najczęściej objawy ustępują po 24–48 godzinach po opuszczeniu wysokich gór);
- eksplozywną dekompresję (nagła zmiana [obniżenie] ciśnienia w czasie rozhermetyzowania kabiny samolotu powoduje u lotników i pasażerów zmiany w narządach zawierających gazy [płuca, zatoki, ucho środkowe, przewód pokarmowy], występuje też uszkodzenie naczyń; metoda terapeutyczna polega na stosowaniu rekompresji i leczeniu objawowym).

Aklimatyzacja

Jest to całokształt procesów fizjologicznych i zmian morfologicznych, będących wyrazem przystosowania się organizmu do zmienionych warunków środowiska zewnętrznego, zwłaszcza warunków klimatycznych. Proces ten przebiega tym trudniej i dłużej, im bardziej nowe warunki różnią się od poprzednich. Zależy on również od zdolności adaptacyjnych organizmu aklimatyzowanego. W wyniku tego procesu wzrasta tolerancja fizjologiczna na działanie danej temperatury.

Człowiek może szybciej zaaklimatyzować się do wysokiej temperatury niż do niskiej. Proces ten zwiększa tolerancję gorąca i zmniejsza ryzyko szkodliwych skutków dla zdrowia.

Przed podjęciem pracy pracownicy powinni być zaaklimatyzowani do danych warunków.

Istnieją dwie metody naturalnej klimatyzacji:

I. W pierwszym dniu praca wykonywana powinna być przez 50% czasu trwania zmiany roboczej.

W ciągu kolejnych dni czas pracy powinno się zwiększać o 10%.

II. W pierwszym i drugim dniu praca powinna być wykonywana przez 35% czasu trwania zmiany roboczej.

W trzecim i czwartym przez 50% czasu trwania zmiany roboczej.

W piątym i szóstym przez 65% czasu trwania zmiany roboczej.

Niewskazane jest zatrudnienie w narażeniu na działanie wysokich temperatur otoczenia osób osłabionych, z chorobami układu krążenia, a także osób z rozległymi zmianami skórnymi upośledzającymi wydalenie potu.

Aklimatyzacja do wysokiej temperatury otoczenia dotyczy zmian:

1) trybu życia:

- ekonomiczne dysponowanie wysiłkiem fizycznym,
- unikanie narażenia organizmu na promieniowanie podczerwone,
- unikanie otrzymywania ciepła przez przewodzenie;

2) czynności układu krążenia:

- następuje przyspieszenie czynności serca,
- wzrost ciśnienia tętniczego;

3) czynności gruczołów potowych:

- wzrasta ilość wydzielonego potu,
- zmienia się skład potu;

4) gospodarki wodno-elektrolitowej:

- wzrasta objętość osocza,
- wzrasta nadmierna nerkowa retencja wody i NaCl w stosunku do ilości potrzebnej do wyrównania strat wynikających z obfitego wydzielania potu;

5) czynności układu oddechowego,

6) czynności ośrodkowego układu nerwowego,

7) zmian metabolicznych.

Aklimatyzacja do niskiej temperatury dotyczy:

1) zmian trybu życia,

2) usprawnienia termoregulacji fizycznej:

- zwiększenie ilości tkanki tłuszczowej podskórnej,
- zwiększenie właściwości izolacyjnych tkanek powierzchni ciała;

3) usprawnienia termoregulacji chemicznej.

Podatność na wystąpienie zmian wywołanych przez niską temperaturę jest większa u osób ze schorzeniami narządu krążenia, u osób będących pod działaniem alkoholu, z zaburzeniami świadomości, w stanie głodu lub pragnienia, a także u osób starszych.

Zmiany ogólne występujące pod wpływem niskich temperatur to **hipotermia**. Chory człowiek traci świadomość, oddychanie ulega zwolnieniu lub zatrzymaniu. Pojawia się bradykardia, zatrzymanie krążenia. Temperatura w odbytnicy obniża się do 27°C. Chory wymaga szybkiej pomocy (ogrzanie ciała w wodzie w temperaturze 45–48°C, wyrównanie zaburzeń elektrolitowych i kwasicy, wskazane są duże dawki kortykosterydów).

Stres cieplny i zaburzenia cieplne

Praca w mikroklimacie gorącym powoduje powstanie stresu cieplnego, który wywołuje:

- 1) wzrost temperatury skóry;
- 2) rozszerzenie obwodowych naczyń krwionośnych;
- 3) zwiększenie przepływu krwi;
- 4) pocenie się;
- 5) zwiększoną utratę ciepła przez konwekcję i promieniowanie;
- 6) zwiększenie przenoszenia ciepła z wnętrza organizmu do obwodu.

Zaburzenia cieplne spowodowane powyższymi czynnikami to:

- 1) utrata soli;
- 2) utrata wody;
- 3) zaburzenia skórne;
- 4) ustanie pocenia.

Skutki działania ogólnego wysokich temperatur:

- 1) omdlenie cieplne;
- 2) wyczerpanie cieplne;
- 3) kurcze cieplne;
- 4) zmiany na skórze;
- 5) udar cieplny.

Efektom działania miejscowego wysokich temperatur na tkanki są oparzenia. Wyodrębniamy cztery stopnie oparzeń:

- I° – rumień o cechach zapalnych;
- II° – rumień i pęcherze;
- III° – rumień, pęcherze i martwica tkanek;
- IV° – zwęglenie tkanek.

Działanie ogólne niskich temperatur:

- 1) obniżenie temperatury ciała, zwolnienie przemiany materii,
- 2) przy długotrwałym działaniu zimna następuje śmierć z zamarznięcia.

Działanie miejscowe niskich temperatur podzielone jest na trzy stopnie:

- I° – rumień z sinofioletowym odcieniem;
- II° – zmiany pęcherzykowe z obrzękiem skóry i tkanki podskórnej;
- III° – zmiany martwicze.

Udar cieplny – występuje najczęściej u osób starszych, otyłych, z chorobami układu krążenia, niezaaklimatyzowanych. Jest to stan głębokiego zaburzenia mechanizmu termoregulacji charakteryzujący się wysoką gorączką i utratą zdolności pocenia się, przebiegający z nagłą utratą świadomości, prowadzący często do śmierci.

Tabela 17

Objawy i pierwsza pomoc w czasie powstania udaru cieplnego

Objawy	Pierwsza pomoc
<ul style="list-style-type: none"> - temperatura ciała 41, 1°C lub wyższa - skóra gorąca, sucha, zaczerwieniona, na twarzy sina - bóle i zawroty głowy - nudności - wymioty - ogólne pobudzenie - utrata orientacji - majaczenie - utrata przytomności - śpiączka 	<ul style="list-style-type: none"> - przenieść pracownika do chłodnego lub termicznie umiarkowanego środowiska - ochłodzić ciało, np. spryskiwaniem odzieży zimną wodą lub zastosować zimne okłady i nawiew powietrza - mierzyć temperaturę w odbytnicy w odstępach 3–5 min - odwieźć człowieka do szpitala jak temperatura obniży się do 38,5°C

Wyczerpanie cieplne – występuje u osób, które utraciły dużą ilość wody i soli w wyniku wydzielania potu. Jest to zespół zaburzeń ustrojowych.

Tabela 18

Objawy i pierwsza pomoc w razie powstania wyczerpania cieplnego

Objawy	Pierwsza pomoc
Odwodnienie organizmu przekraczające 2% masy ciała powoduje: <ul style="list-style-type: none"> - bóle i zawroty głowy - nudności - nieskoordynowane ruchy - osłabienie - zmęczenie - zmniejszenie objętości krążącej krwi - temperatura mierzona w odbytnicy 37,5–38,5°C - skóra wilgotna i pokryta potem - wymioty - zaburzenia przytomności 	<ul style="list-style-type: none"> - przy umiarkowanym wyczerpaniu cieplnym należy umieścić człowieka w chłodnym miejscu, w stanie spoczynku, podawać mu w małych ilościach, ale często napój zawierający w 1 litrze 1–1,5 g soli - jeżeli wyczerpanie cieplne jest ciężkie, to niezbędna jest opieka lekarska

Kurcze cieplne – u ludzi, którzy bardzo się pocą, piją duże ilości wody i nie uzupełniają strat soli spowodowanych poceniem; u ludzi niezaaklimatyzowanych do gorąca powyżej 38°C.

Tabela 19

Objawy i pierwsza pomoc w razie wystąpienia kurczów cieplnych

Objawy	Pierwsza pomoc
<ul style="list-style-type: none"> - skóra biała i wilgotna - ciepłota ciała i ciśnienie tętnicze są prawidłowe - we krwi stwierdza się niski poziom sodu i cechy zagęszczenia - mogą wystąpić nasilone, bolesne kurcze mięśni 	<ul style="list-style-type: none"> - umieścić chorego w chłodnym miejscu i delikatnie rozmasować bolesne mięśnie - w czasie pracy podawać większe ilości soli w pokarmach lub napoje z dodatkiem soli w ilości 1–1,5 g/litr napoju (co 30–60 min)

Omdlenie ciepłe – występuje u ludzi pracujących w środowisku gorącym, w postawie stojącej i z małą aktywnością ruchową.

Tabela 20

Objawy i pierwsza pomoc w razie wystąpienia omdlenia ciepłego

Objawy	Pierwsza pomoc
<ul style="list-style-type: none"> – skóra chłodna i spocona – tętno słabo napięte – przejściowo obniżone ciśnienie tętnicze krwi – przemieszczanie krwi do rozszerzonych naczyń żylnych w skórze i dolnych części ciała powoduje zmniejszony dopływ krwi do serca, zmniejszoną objętość wyrzutową i minutową serca, niedokrwienie mózgu 	<ul style="list-style-type: none"> – pracownika należy umieścić w miejscu termoneutralnym w postawie leżącej – podać płyn do picia

Zmiany na skórze – występują u ludzi pracujących w wysokich temperaturach, przy wysokiej wilgotności powietrza.

Tabela 21

Choroby skóry związane z pracą w wysokich temperaturach

<ul style="list-style-type: none"> – potówki – zaczerwienienie ujęć gruczołów potowych – powstanie drobnych pęcherzyków – zapalenie gruczołów potowych
--

Ostre choroby wywołane bezpośrednim działaniem czynników klimatycznych:

- 1) ochładzanie organizmu powoduje:
 - zaburzenie czynności ustroju – obniżenie tempa metabolizmu,
 - miejscowe uszkodzenie tkanek;
- 2) przegrzewanie:
 - zaburzenie czynności ustroju – podwyższenie tempa metabolizmu,
 - podwyższenie tętna; po przekroczeniu granicznego tętna (180/min.) następuje:
 - upośledzenie wypełniania się komór serca,
 - zaleganie krwi w łożysku naczyniowym skóry,
 - przenoszenie ciepła z głębi ciała do warstw powierzchniowych,
 - dalsze gromadzenie ciepła prowadzące do hipotermii;
- 3) choroby wywołane promieniowaniem nadfioletowym słońca:
 - słoneczne zapalenie skóry I^o,
 - słoneczne zapalenie skóry II^o,
 - ostre słoneczne zapalenie spojówek,
 - opryszczka warg,
 - udar słoneczny;
- 4) zagrożenia z powodu mocnego działania wiatru,
- 5) rażenia piorunem (oparzenia, okaleczenia, porażenia narządów wewnętrznych).

Przewlekłe choroby wywołane działaniem czynników klimatycznych:

- 1) przewlekłe choroby spowodowane ochładzaniem:
 - przewlekłe odmrożenia rąk, nóg, twarzy,
 - sinica goleni młodych kobiet,
 - stopa okopowa;
- 2) przewlekłe choroby wywołane przegrzaniem organizmu:
 - potówka przeźroczysta,
 - potówka czerwona,
 - potówka głęboka,
 - zupełne ustanie pocenia się,
 - wyczerpanie z niepotliwości;
- 3) przewlekłe choroby z powodu długotrwałego działania promieniowania nadfioletowego:
 - zanik skóry,
 - rak skóry twarzy,
 - czerniak;
- 4) wysychanie skóry spowodowane szkodliwym działaniem wiatru.

Choroby wywołane niedostateczną ilością bodźców atmosferycznych:

- 1) ochładzanie organizmu:
 - domestykacja (obniżona sprawność termoregulacji);
- 2) promieniowanie nadfioletowe słońca:
 - krzywica;
- 3) obniżone ciśnienie cząsteczkowe tlenu:
 - choroba górską,
 - ostry obrzęk płuc.

Choroby wywołane naturalnymi zanieczyszczeniami powietrza:

- 1) zatrucia gazami;
- 2) dwutlenkiem węgla, tlenkiem węgla i innymi;
- 3) pylica płuc;
- 4) choroby wywołane pyłami organicznymi:
 - sienny nieżyt nosa,
 - pyłkowa dychawica oskrzelowa;
- 5) alergiczny niesezonowy nieżyt nosa;
- 6) dychawica oskrzelowa.

Wpływ pogody na psychikę

Pobudzająco działają:

- 1) promieniowanie ultrafioletowe;
- 2) stosunkowo silne bodźce termiczne (ochłodzenie, umiarkowanie chłodna pogoda);
- 3) słabe zmętnienie powietrza i dobra widzialność;
- 4) znaczne kontrasty oświetlenia i barw;

- 5) chmury kłębiaste, silny wiatr związany z szumem i ruchem drzew;
- 6) opady śniegu podczas wiatru.

Uspokajająco działają:

- 1) zbyt słabe bodźce termiczne, parność;
- 2) silne zmętnienie powietrza i słaba widzialność;
- 3) słabe kontrasty oświetlenia i barwy;
- 4) długo utrzymujące się mgły;
- 5) chmury warstwowe;
- 6) opady śniegu w ciszy.

8. WYBRANE ZAGADNIENIA BALNEOLOGII I MEDYCyny FIZYKALNEJ

Balneologia i medycyna fizykalna jest dziedziną wiedzy medycznej, która wykorzystuje naturalne metody lecznicze i czynniki fizyczne do leczenia, rehabilitacji, prewencji i diagnostyki chorób. Jest specjalnością medyczną dla lekarzy, posiadających różne specjalności medyczne, jak również jest interesującą dziedziną dla osób niezwiązanych z medycyną.

Naturalne metody lecznicze odgrywają ważną rolę obok konwencjonalnej medycyny. Główną tego przyczyną jest lepsze poznanie skutków ubocznych leków farmakologicznych, a także postęp wiedzy balneologicznej. Balneologia oraz medycyna fizykalna wykorzystywane są w leczeniu uzdrowiskowym.

Pacjenci z chorobami przewlekłymi w zakresie chorób krążenia, chorób układu oddechowego, gastroenterologii, reumatologii, ortopedii, neurologii, chorób angiologicznych, chorób skóry, oprócz leczenia farmakologicznego chętnie korzystają z **leczenia naturalnego**, czyli **leczenia uzdrowiskowego**. Z takiej formy leczenia korzysta w Polsce około 350 tys. chorych rocznie.

Leczenie chorych prowadzone jest w zakładach opieki zdrowotnej, do których należą: szpitale uzdrowiskowe, sanatoria uzdrowiskowe, zakłady przyrodo-lecznicze oraz poradnie zdrojowe. Oprócz tego chorzy chętnie korzystają z leczenia w jaskiniach (grotach) solnych oraz w kopalni soli. W tych miejscach organizowane są nawet kilkutygodniowe pobyty chorych pod opieką wyszkolonej kadry lekarzy i specjalistów z dziedziny balneologii.

Przeciwwskazaniami do stosowania metod naturalnych są:

- ciężkie choroby wyniszczające;
- ciężki stan ogólny pacjenta;
- ostre i przewlekłe choroby zakaźne i pasożytnicze;
- choroby nowotworowe;
- niewyrównana niewydolność krążeniowa;
- ogniska zakażenia;
- żółtaczk niezależnie od jej przyczyny;
- skazy krwotoczne ciężkiego stopnia;
- choroby psychiczne, alkoholizm i narkomania;

- niewyrównana padaczka;
- ciąża i okres karmienia;
- niestabilna choroba niedokrwienna mięśnia sercowego;
- groźne zaburzenia rytmu serca;
- leczenie farmakologiczne.

Lecznictwo uzdrowiskowe zajmuje się leczeniem, profilaktyką i rehabilitacją chorób przewlekłych, które stanowią największy problem społeczny współczesnej medycyny.

Choroby leczone w uzdrowiskach oraz obszarach ochrony uzdrowiskowej to:

- choroby ortopedyczno-urazowe;
- choroby układu nerwowego;
- choroby reumatologiczne;
- choroby kardiologiczne i nadciśnienie;
- choroby naczyń obwodowych;
- choroby górnych i dolnych dróg oddechowych;
- choroby układu trawienia;
- cukrzyca;
- otyłość;
- choroby endokrynologiczne;
- osteoporoza;
- choroby skóry;
- choroby kobiece;
- choroby nerek i dróg moczowych;
- choroby krwi i układu krwiotwórczego;
- choroby oka i przydatków oka;
- choroby zawodowe;
- zaburzenia psychosomatyczne.

W Polsce są obecnie 43 uzdrowiska.

Metody lecznicze, jakie są wykorzystywane w lecznictwie uzdrowiskowym, mają charakter naturalnych bodźców leczniczych. **Celem** leczenia uzdrowiskowego jest oddziaływanie zdrowotne na cały organizm oraz na poszczególne objawy chorobowe.

Ogólnoustrojowe działanie lecznicze wyraża się poprzez:

- usprawnienie funkcjonowania mechanizmów regulacyjnych narządów i układów fizjologicznych;
- zwiększanie wydolności fizycznej organizmu;
- zrównoważenie sprawności działania autonomicznego układu nerwowego;
- zwiększenie odporności nieswoistej;
- zrównoważenie i usprawnienie procesów psycho-somatycznych.

Równoległe z powyższym działaniem, bodźce balneologiczne wykazują działanie miejscowe. Efekty działania miejscowego (objawowego) to działanie:

- przeciwbólowe;
- przeciwzapalne;
- przeciwobrzękowe;
- hemodynamiczne.

Ważną cechą metod leczenia uzdrowiskowego jest to, że wymagają one stosowania serii zabiegów. Wymagają czasu, ponadto efekty lecznicze nie występują natychmiast, ale dopiero po pewnym okresie. Leczenie uzdrowiskowe pozwala często na zredukowanie, a niekiedy odstawienie leków pacjentowi. Balneologia razem z leczeniem uzdrowiskowym zajmuje ważne miejsce w medycynie. Współpracuje i współdziała z wieloma dziedzinami medycyny, ponieważ ma charakter interdyscyplinarny. Balneologia może być metodą leczniczą z wyboru, wtedy gdy potrzebne jest usprawnienie funkcjonowania całego organizmu. Z tego powodu nie ma żadnej wątpliwości, że leczenie uzdrowiskowe jest potrzebne współczesnej medycynie zwiększając efektywność leczenia farmakologicznego.

W leczeniu uzdrowiskowym stosuje się programy lecznicze, które obejmują następujące procedury (według prof. dr hab. med. Ireny Ponikowskiej – krajowego konsultanta do spraw balneologii i fizjoterapii):

- 1) balneoterapia z użyciem wód mineralnych: kąpiele solankowe, kąpiele kwasowęgłowe, kąpiele siarczkowo-siarkowodorowe, kąpiele radonowe, kąpiele aromatyczne (igliwiowe, ziołowe), inhalacje z wód mineralnych, irygacje jam ciała (ginekologiczne), masaże i płukanie jamy ustnej;
- 2) zabiegi balneologiczne z użyciem borowiny: kąpiele borowinowe w papce, okłady borowinowe, nasiadówki, kąpiele zawieszinowe z pasty borowinowej lub preparatów borowinowych, tampony borowinowe (ginekologiczne, proktologiczne, oczne), jontoforeza borowinowa;
- 3) balneoterapia z użyciem gazów leczniczych: kąpiele w dwutlenku węgla indywidualne i zbiorowe, kąpiele w mieszance tlenowo-ozonowej, kąpiele siarkowodorowe;
- 4) klimatoterapia: talassoterapia, subterenoterapia, inhalacje naturalnego aerozolu (tężniowy, morski, w komorach po wyrobiskach kopalń), terenoterapia;
- 5) hydroterapia: kąpiele całkowite przegrzewające (Walińskiego), kąpiele kończyn dolnych o zmiennej temperaturze, kąpiele kończyn dolnych lub górnych o stopniowanej temperaturze, kąpiele ciepłe ze szczotkowaniem, kąpiele nasiadowe, kąpiele kinezyterapeutyczne (hydrokinezyterapia), masaż podwodny, kąpiel perełkowa, kąpiel wirowa kończyn górnych i dolnych, natryski (deszczowy, płaszczowy, biczowy, szkocki), polewania częściowe o stałej i zmiennej temperaturze, płukania i masaż wodny jamy ustnej;
- 6) termoterapia: ciepłolecznictwo (kąpiele całkowite i częściowe, zabiegi parafinowe), sauna fińska i parowa, krioterapia (miejscowa i ogólnoustrojowa);
- 7) światłolecznictwo: naświetlania światłem widzialnym – miejscowe i ogólne, naświetlania ultrafioletowe – miejscowe i ogólne, naświetlania promieniowaniem podczerwonym, naświetlania światłem spolaryzowanym, naświetlania światłem laserowym niskoenergetycznym – laser biostymulacyjny;
- 8) ultrasonoterapia: zabiegi ultradźwiękowe, fonoforeza;
- 9) elektrolecznictwo: zabiegi z użyciem prądu stałego – galwanizacja, jontoforeza, kąpiel elektryczno-wodna; elektrodiagnostyka; zabiegi z użyciem prądów impulsowych małej częstotliwości – prądy diadynamiczne, prądy Treberta; zabiegi z użyciem prądów wielkiej częstotliwości – diatermia krótkofalowa, diatermia krótkofalowa impulsowa, naświetlanie promieniowaniem mikrofalowym; magnetoterapia – impulsowe pole magnetyczne małej częstotliwości;

- 10) masaże: klasyczny częściowy, segmentarny, pneumatyczny;
- 11) kinezyterapia: ćwiczenia zbiorowe i indywidualne w sali i w wodzie, ćwiczenia z użyciem przyrządów, ćwiczenia na wolnym powietrzu;
- 12) diety: niskokaloryczne, przeciwmiażdżycowa, lekkostrawna i inne;
- 13) psychoterapia;
- 14) edukacja zdrowotna i psychoedukacja.

Powyższe metody lecznicze mają dużo zalet. Są skuteczne oraz nie powodują skutków ubocznych. Wyniki lecznicze utrzymują się dłużej niż po zastosowaniu większości leków w chorobach przewlekłych. Metody balneologiczne są tanie, dostępne i przyjemne.

Bodźcami stosowanymi w leczeniu uzdrowiskowym jest klimat, a także **czynniki fizyczne**.

Należą do nich:

- prądy niskiej i średniej częstotliwości;
- pulsujące pole magnetyczne;
- pole elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości;
- ultradźwięki;
- aerozole;
- ciepło i zimno;
- promieniowanie podczerwone i nadfioletowe;
- zabiegi wodolecznicze;
- masaże klasyczne, segmentarne i wibracyjne;
- leczenie ruchem.

Wykorzystywane są one w różnych metodach leczniczych.

Leczenie ciepłem lub zimnem (termoterapia) było znane już od najdawniejszych czasów. Pod wpływem wysokiej temperatury rozszerzają się naczynia krwionośne i zwiększa się przepływ krwi. Dzięki temu poprawia się przemiana materii oraz szybciej usuwane są złoże toksyczne, a tkanki łatwiej się regenerują. Rozluźniają się napięcia mięśniowe i wzrasta ogólna odporność organizmu.

Do zabiegów należących do **termoterapii** w zależności od rodzaju schorzenia i przeciwwskazań, wykorzystuje się borowinę naturalną, na przykład do kąpieli (balneoterapia), sollux (światłolecznictwo) i termożele.

Krioterapia (kriostymulacja) – jest to pobudzanie organizmu pacjenta przez krótkie, ale bardzo intensywne wychładzanie miejscowe określonej części ciała.

Krioterapia miejscowa przy użyciu oparów dwutlenku węgla to miejscowe schładzanie ciała. Zabieg ten trwa od 1 do 3 minut. Oprócz samego zabiegu ważne jest również ćwiczenie okolicy poddanej zabiegowi, ponieważ głębokie przekrwienie tkanek występujące po chwilowym schłodzeniu ułatwia wykonywanie ćwiczeń leczniczych. Krioterapia działa przeciwbólowo oraz przeciwzapalnie. Wskazaniami do stosowania tej metody są: urazy ostre i zastarzałe – stany po złamaniach, zwichnięciach i stłuczeniach, zespół Sudecka, oparzenia, choroby układu ruchu; ostre i przewlekłe zapalenia stawów, takie jak RZS, ŁZS, ZZSK, dna, zapalenia okołostawowe ścięgien, torebek stawowych i mięśni, zwyrodnienia stawów i kręgosłupa, ostre zespoły bólowe w prze-

biegu dyskopatii, stany po operacjach dysków, jałowa martwica głowy kości udowej, pierwotna i wtórna osteoporoza, fibromialgia; odnowa biologiczna sportowców i osób przemęczonych fizycznie i psychicznie.

Termożele to zimno/ciepłe kompresy żelowe (okłady cieplne). W zależności od rodzaju schorzenia i celu działania oraz indywidualnych odczuć pacjenta co do skuteczności terapii, zalecana jest terapia ciepłym lub zimnym kompresem. Kompresem można aplikować zimno od -25° i ciepło do $+70^{\circ}\text{C}$. Kompresy są wykonywane z nietoksycznego żelu o bardzo dużym cieple właściwym. Podstawową zaletą tej metody jest długotrwałe oddawanie zakumulowanego zimna lub ciepła. Termoterapia przynosi dobre efekty w przypadku: przewlekłych stanów zapalnych, niedowładów i przykurczy mięśni, chorób reumatycznych i nerwobóli, niektórych schorzeń laryngologicznych, ginekologicznych i wielu innych. Przeciwwskazaniami do stosowania tej metody są na przykład: wrzody żołądka, niewydolność krążenia, nadczynność tarczycy, nadciśnienie, hemofilia, stany zapalne otrzewnej i wyrostka robaczkowego, nowotwory.

Światłolecznictwo – jest metodą leczenia wykorzystującą wpływ części promieniowania elektromagnetycznego o określonych długościach fali na organizm ludzki. Podział w zależności od poszczególnych części widma na promieniowanie podczerwone, widzialne, w tym promieniowanie laserowe oraz promieniowanie nadfioletowe, wskazuje na zróżnicowane oddziaływanie biologiczne. W uzdrowiskach stosuje się promienniki IR – promieniowania podczerwonego (tzw. lampa Sollux) i promienniki UV – promieniowania ultrafioletowego (tzw. lampa kwarcowa) oraz promieniowanie laserowe generowane przez laser biostymulacyjny, w których zastosowano laser niskoenergetyczny.

Lampa Sollux emituje promieniowanie podczerwone. Do lampy używa się filtrów, które zmieniają widmo promieniowania co ma wpływ na zdolność penetracji w głąb skóry lub tkanki podskórnej. Lampa z filtrem niebieskim zmniejsza penetrację promieni IR i ich właściwości cieplne, wzmacnia działanie łagodzące i przeciwbólowe promieniowanie. Lampa z filtrem czerwonym ogranicza skutek biologiczny do działania promieniowania IR oraz promieni czerwonych widzialnych. Nagrzewa się chore miejsce. Światło przenika głęboko do tkanki. Nagrzewania te stosuje się często przed innymi zabiegami leczniczymi, głównie ruchowymi. Wskazaniami do stosowania tego typu zabiegów są przewlekłe stany zapalne, bóle kręgosłupa, zmiany zwyrodnieniowe, stany po urazach, nerwobóle.

Lampa kwarcowa jest używana do naświetleń miejscowych i ogólnych. Wykorzystuje promieniowanie ultrafioletowe. Promienie wpływają korzystnie na mineralizację kości oraz działają bakteriobójczo. Pod ich wpływem skóra staje się lepiej ukrwiona i mniej podatna na zakażenia, regenerują się komórki naskórka. Leczenie zaczyna się od naświetlania, począwszy od jednej minuty, a potem stopniowo wydłuża się czas naświetlania do 10 minut. Wskazaniami do stosowania lampy kwarcowej są: infekcje bakteryjne skóry, owrzodzenia, odleżyny, stany po urazach oraz osteoporoza. Przeciwwskazaniem są stany, w których można się spodziewać odczynu fitytoksycznego lub fotoalergicznego.

Promieniowanie laserowe jest promieniowaniem optycznym, czyli falą elektromagnetyczną, która niesie z sobą energię. W laserze wykorzystuje się efekty wzajemnego oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego z materią.

Laser to skrót od Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Jest to wzmocnienie światła przez wymuszoną emisję promieniowania. Pozytywne działanie lasera jest związane z rodzajem światła jakie urządzenie emituje. Promieniowanie laserowe jest bardzo skupioną, równoległą wiązką światła monochromatycznego, czyli światła o jednej ściśle określonej barwie (długości fali) i bardzo dużej intensywności. W medycynie fizykalnej do terapii laserowej używa się **lasera biostymulacyjnego**.

Absorpcja małych dawek promieniowania laserowego wywołuje w komórce organizmów żywych specyficzne reakcje fizyczne, chemiczne i metaboliczne nazywane procesami biostymulacyjnymi (efekty biochemiczne, bioelektryczne, biomagnetyczne i bioenergetyczne). Promieniowanie laserowe rozgrzewa głębiej położone tkanki. Ma ono wpływ na wzrost syntezy kolagenu, białek oraz kwasu rybonukleinowego. Przyspieszając formowanie kostniny, ułatwia leczenie złamań kości, działa przeciwzapalnie i przeciwbólowo, co z powodzeniem wykorzystuje się w leczeniu zespołów powstałych w wyniku przeciążenia mięśni i tkanek miękkich okołostawowych. Bezpośrednim efektem działania tej terapii jest również efekt stymulacji zwiększający efektywność procesów odżywiania, wzrostu i regeneracji komórek.

Wskazaniami do stosowania terapii laserowej są: zniesienie objawów bólowych tzw. łokcia tenisisty (występuje u osób spędzających wiele godzin dziennie pracujących na komputerze i operujących myszką); zniesienie objawów tzw. zespołu bolesnego barku; zniesienie objawów rwy kulszowej; gojenie ran, oparzeń; leczenie paradontozy; leczenie schorzeń dermatologicznych (np. opryszczka); leczenie przewlekłych stanów zapalnych zatok, zapalenie stawów lub ich okolic łokci, ból kręgosłupa wywołany stanem zapalnym.

Przeciwwskazaniem do stosowania promieniowania laserowego jest: choroba nowotworowa, ciąża, zaburzenia wydzielania gruczołów dokrewnych, szczególnie nadczynność i niedoczynność tarczycy, niestabilizowana cukrzyca, arytmia, stany ostrej niewydolności krążenia, ciężkie zakażenia wirusowe i grzybice, wysoka gorączka, nadwrażliwość na światło, przyjmowanie leków światłouczulających, choroby umysłowe.

Również **lampa Bioptron** wykorzystuje światło w celach leczniczych. Pozytywnie wpływa na ludzki organizm, powodując jego biostymulację i wzmacniając funkcje obronne. Światło Bioptron nie zawiera promieniowania ultrafioletowego ani żadnego innego promieniowania szkodliwego dla zdrowia, ale emituje światło widzialne i spolaryzowane powyżej 95%, które zawiera widoczną część spektrum światła słonecznego i bliższą podczerwoną o długości fali od 480 nm do 3400 nm. Fale drgają w płaszczyznach równoległych w kierunku świecenia, w odróżnieniu od fal światła słonecznego, które rozprzestrzeniają się we wszystkich kierunkach. Lampa Bioptron emituje światło niespójne, przesunięte w fazie. Energia fali świetlnej Bioptronu jest w każdej jednostce czasu jednakowa. Światło Bioptron znajduje się ponad ultrafioletową częścią spektrum. Ma ono niską gęstość energii. Energia tej wielkości wywołuje efekt biostymulacyjny. Światło to nie powoduje efektów ubocznych, jest nieszkodliwe i całkowicie bezpieczne.

Lampa Bioptron wspomaga i leczy wszystkie bóle, problemy skórne (łuszczyca, egzema, trądzik), schorzenia reumatyczne (kręgosłupa, artretyzm), hemoroidy, prostatę, alergie (infekcje, opryszczki), zaburzenia snu i depresję, przeziębienia (stymuluje odporność), trudno gojące się rany.

Leczenie prądem elektrycznym wykorzystuje się w elektroterapii (elektrolecznictwie). W zależności od schorzenia oraz oceny klinicznej mięśni i nerwów pacjenta wykorzystywany jest: prąd stały (galwanizacja i jonoforeza, kąpiel elektryczno-wodna cztero- i dwukomorowa), prądy impulsowe małej, średniej i wysokiej częstotliwości o różnych częstotliwościach, kształtach i przebiegach impulsów (elektrostymulacje: porażenia wiotkich, spastycznych [tonoliza], segmentarna według Traberta, Kotza, TENS), prądy impulsowe (modulowane), oraz tzw. prądy diadynamiczne i izodynamiczne (tzw. Bernarda), prądy interferencyjne (np. Nemeca).

Galwanizacja (prąd stały) – podczas zabiegów na ciele mocuje się dwie elektrody jedną w miejscu schorzenia, a drugą gdzieś dalej. Przepływający między nimi prąd działa rozluźniająco, przeciwzapalnie oraz przeciwbólowo. Wskazaniami do stosowania tego zabiegu są: nerwobóle, przewlekłe zapalenie nerwów, choroba zwyrodnieniowa kręgosłupa, porażenia wiotkie.

Jonoforeza (prąd stały) – przepływający prąd i wytworzone pole elektryczne wprowadzają lek w roztworze do chorych tkanek. Jedną z elektrod nasącza się odpowiednimi środkami, na przykład przeciwzapalnymi i mocuje na chorym miejscu, a drugą w pewnym oddaleniu od niej. W zależności od zastosowania leku jonoforezą leczy się nerwobóle, między innymi ręką kulszową, zapalenie stawów, tkanek miękkich, trudno zrastających się tkanek kości.

Prądy diadynamiczne (prądy zmienne o małej częstotliwości) – wykazują silne działanie przeciwbólowe i poprawiają ukrwienie. Stosowane są w leczeniu bólów połączonych z dużym napięciem mięśni. Podczas zabiegów prąd przepływa między dwiema elektrodami, z których jedna umocowana jest w miejscu bólu. Wskazaniami są nerwobóle, zapalenie około stawowe, ból kręgosłupa.

Prąd zmienny średniej częstotliwości – czyli prąd interferencyjny – dwie pary elektrod mocuje się tak, by prądy docierały w głąb tkanek okolicy chorego miejsca. Wskazaniami są nerwobóle, zapalenie okółostawowe, bóle kręgosłupa, barku, kręgosłupa szyjnego.

Elektrostymulacja – wykorzystuje się w tej metodzie prąd zmienny o małej częstotliwości. Jego przepływ powoduje swoisty rodzaj gimnastyki mięśni (kurczenie się i rozkurczenie). Wskazaniami są porażenia, niedowłady przebiegające bez wzmożonego napięcia mięśni, na przykład porażenie mięśnia twarzowego.

Pulsujące (zienne) pole magnetyczne małej częstotliwości, które powoduje ruch jonów w komórkach ciała wykorzystywane jest w **magnetoterapii**. Następuje hiperpolaryzacja błony komórkowej oraz wzmożenie przemiany materii i zwiększone wykorzystanie tlenu przez komórkę. Poprawione ukrwienie w komórce podczas działania pola magnetycznego wywołuje podniesienie ciśnienia parcjalnego tlenu. W porównaniu do elektroterapii prądami (interferencyjnymi, diadynamicznymi, impulsowymi itp.), które działają przeważnie na powierzchni i tylko w tkankach dobrze przewodzących prąd elektryczny, magnetoterapia posiada istotne zalety, między innymi: pole magnetyczne przenika przez wszystkie tkanki równomiernie, zabiegi mogą być wykonywane poprzez ubranie, gips, bandażę itp., które nie stanowią przeszkody dla pola magnetycznego, metal nie stanowi przeciwwskazań do stosowania zabiegu, szeroki zakres wskazań spowodowany skutecznością działania zarówno na tkankę kostną, jak i łączną. Wskazaniami do stosowania magnetoterapii są: schorzenia ortopedyczne

(złamania, zwichnięcia, skręcenia, stłuczenia, uszkodzenia więzadeł i ścięgien, urazy, artrozy, zespoły algodystroficzne), schorzenia neurologiczne (neuralgie, nerwiaki, nerwobóle, bóle fantomowe), schorzenia układu krążenia (np. zaburzenia w krwioobiegu tętniczym o charakterze obwodowym), schorzenia dermatologiczne (owrzodzenia).

Ultradźwięki generowane są w urządzeniach o częstotliwości 800–1000 kHz, które wykazują odpowiednie działanie mechaniczne (mikromasaż), ciepłne i fizykochemiczne na tkanki poddane zabiegowi. Ich działanie biologiczne powoduje: zmniejszenie bólu, zmniejszenie napięcia mięśniowego, rozszerzenie naczyń krwionośnych, hamowanie układu współczulnego, hamowanie procesów zapalnych. Wskazaniami do stosowania zabiegów ultradźwiękowych są: zespoły bólowe w przebiegu choroby zwyrodnieniowej stawów, nerwobóle, rwa kulszowa, ramienna, zespół bolesnego barku, łokcia, ostroga kości piętowej, halluksy, blizny, przykurcz Dupuytren'a, leczenie chorób wewnętrznych.

Przeciwwskazaniem są: nowotwory, ciąża, czynna gruźlica, zaburzenia rytmu serca, niewydolność krążenia, rozrusznik serca, zakrzepowe zapalenie żył, ostre procesy zapalne i stany gorączkowe, nie zakończony wzrost kości, obecność w tkankach metalowych ciał obcych, nerwica wegetatywna znacznego stopnia, skazy krwotoczne.

Przykładem wykorzystania ultradźwięków jest **zabieg fonoforezy** – polega na stosowaniu leków w miejsca zmienione chorobowo za pomocą ultradźwięków. Leki wydają tutaj dodatkowy efekt terapeutyczny. Są transportowane bezpośrednio do głębiej położonych warstw przez skórę za pomocą fal akustycznych o określonej mocy. Wskazaniami do stosowania tego zabiegu są: stany po przebytych urazach (zwichnięcia, skręcenia stawów), zespoły bólowe w chorobach reumatycznych, zespoły bólowe pochodzenia neurologicznego (np. bóle korzeniowe, dyskopatie).

Zabiegi wodolecznicze wykorzystują temperaturę (bodźce termiczne), ciśnienie hydrostatyczne oraz skład chemiczny czystej wody tzw. gospodarczej. Stosowane są w hydroterapii (wodolecznictwie). Działanie zabiegów wodoleczniczych jest wielokierunkowe i złożone. Skutki tego działania po serii zabiegów utrzymują się przez dłuższy czas i prowadzą do zmian wielu mechanizmów fizjologicznych w organizmie człowieka.

Do zabiegów hydroterapii należą: natryski, masaż podwodny, hydromasaż, kąpiele wirowe, kąpiele perełkowe, kąpiele kinezyterapeutyczne.

Natryski – zabiegi wodolecznicze, w których wykorzystuje się działanie mechaniczne i termiczne wody. W zależności od temperatury wody wyróżnia się natryski zimne, ciepłe i gorące, a w zależności od ciśnienia wody – natryski o niskim ciśnieniu (1,5 atm), średnim (1,5–2 atm) oraz wysokim (2–2,5 atm). Natryski zimne i chłodne wykonuje się w czasie do 1 min, a ciepłe 2–5 min. Mogą też być natryski o zmiennej temperaturze, na przykład 30 s natrysk gorący, 2–5 s natrysk zimny, 5–6 s zmian podczas jednego zabiegu. Ciepły natrysk wpływa uspokajająco, a trwający dłużej prowadzi do obniżenia pobudliwości układu nerwowego oraz wzmacnia przemianę materii, natomiast krótkotrwały natrysk chłodny lub gorący tonizuje mięśnie. W przypadku przegrzania wysiłkowego najpierw stosuje się 2–3 min chłodny, potem stopniowo cieplejszy. Zabieg kończy się użyciem wody chłodnej.

Szczególnym rodzajem natrysku są bicz szkockie charakteryzujące się zmienną temperaturą wody. Wskazany jest w chorobach stawów niezapalnego pochodzenia i w nerwicach. Przeciwwskazaniami do stosowania tego zabiegu są: nadciśnienie tętni-

cze III i IV stopnia, podeszły wiek, gruźlica, niewydolność krążenia, żylaki kończyn dolnych.

Masaż podwodny – wykonywany jest przez pracownika za pomocą strumienia wody o regulowanym ciśnieniu w czasie kąpieli całkowitej pacjenta w specjalnej wannie. Wskazany jest w: zanikach mięśniowych, porażeniach wiotkich, stanach po złamaniach i zwichnięciach, stanach po urazach tkanek miękkich, stanach po porażeniu dziecięcym, chorobach reumatycznych w okresie remisji, w chorobach zwyrodnieniowych stawów. Przeciwwskazaniami do stosowania tego masażu są: nadciśnienie tętnicze III i IV stopnia, podeszły wiek, gruźlica, niewydolność krążenia, żylaki kończyn dolnych.

Hydromasaż – wykonywany jest w specjalnych wannach w czasie kąpieli częściowej, wodą o ustalonym ciśnieniu i temperaturze wypływającą z wielu dysz. Wskazania i przeciwwskazania są takie same jak przy masażu podwodnym.

Kąpiele można wykonywać w każdych warunkach, wszędzie tam, gdzie istnieje możliwość korzystania z wanny kąpielowej.

Kąpiele dzieli się na:

- **kąpiele lokalne** (częściowe): na przykład kąpiele perełkowe – wykorzystujące dla celów leczniczych wodę wzbogaconą pęcherzykami powietrza lub ozonu oraz kąpiele wirowe – wykorzystujące wirującą ciepłą wodę do masażu podwodnego kończyn górnych lub/i dolnych;
- **kąpiele ciepłe** (34–37°C) zarówno całkowite, jak i półkąpiele;
- **kąpiele gorące** (38–40°C);
- **sauna czyli łaźnia fińska**.

Masaż leczniczy – wykonywany jest różnymi technikami i w różnej postaci: ręczny (klasyczny), wirowy częściowy, podwodny i całkowity, za pomocą aparatu Aquavibron oraz urządzenia BOA (do terapii uciskowej – masaż pneumatyczny, sekwencyjny). Masaże dzielą się na wirowe, podwodne oraz sportowe. Rodzajami masażu sportowego są masaż treningowy (podtrzymujący, kondycyjny, przygotowawczy, mobilizujący), normalizujący (przedstartowy tonizujący, przedstartowy uspokajający, rozgrzewający), regenerujący (restytucyjny), leczniczy (izometryczny, stawowy).

Istotą **masażu wirowego** jest połączenie wpływu czynnika termicznego i mechanicznego, powodując zmniejszenie napięcia mięśni i elementów okołostawowych, poprawę ich ukrwienia oraz działanie przeciwbólowe.

Masaż podwodny przeprowadza się w temp. 32–33°C w czasie do 20 min. Ten rodzaj podwodnego natrysku łączy niektóre cechy masażu klasycznego z czynnikiem termicznym oraz wpływem hydrostatycznym wody. Powoduje rozluźnienie mięśni, uczucie świeżości, przyspiesza szybkość reakcji.

Celem **masażu sportowego** jest zniesienie lub złagodzenie bólu będącego następstwem przeciążenia wysiłkiem narządu ruchu.

Masaż przyspiesza przemianę materii, powoduje szybsze usuwanie produktów przemiany materii z mięśni, zwiększa dopływ substancji odżywczych do mięśni, powoduje wzrost przepływu krwi w obwodowych częściach, co skutkuje poprawą sprawności organizmu w całości lub poszczególnych narządów. Wskazaniami do masażu są: złamania kości, po zdjęciu opatrunku gipsowego, zaburzenia neuroprzewodnictwa w chorobach neurologicznych, stłuczenia, skręcenia, stany pooperacyjne,

blizny, przewlekłe zapalenia stawów, mięśni, ścięgien, zespół bólowy ścięgna Achilleśa, wady wrodzone oraz zaburzenia rozwoju narządu ruchu, zespoły bólowe kręgosłupa, porażenia i niedowłady, nerwobóle, przewlekła niewydolność krążenia, choroby reumatoidalne stawów, kręcz szyi, choroby układu oddechowego, zaburzenia gastryczne, nadwaga.

Przeciwwskazaniami do masażu są: wczesne stany po złamaniach, ostre stany zapalne stawów i ścięgien, wylewy krwawe, choroby dermatologiczne skóry, stany gorączkowe, zapalenie żył, choroby zakaźne, menstruacja, wszelkie choroby przebiegające w stanie zapalnym i ostrym, choroby nowotworowe.

Leczenie ruchem (kinezyterapia) – jest prowadzone indywidualnie z pacjentami, którzy nie nadają się do ćwiczeń zbiorowych. W pozostałych przypadkach jest prowadzona w grupach specjalizacyjnych dobranych według określonych schorzeń lub celu działania. Stosowanie tej metody umożliwia uzyskanie maksymalnej poprawy utraconej funkcji, zabezpiecza przed wykształceniem nieprawidłowych stereotypów ruchowych, przeciwdziała wtórnym zmianom w układzie krążenia i oddychania, które mogą wynikać z długotrwałego unieruchomienia.

Kinezyterapia stosowana jest w schorzeniach i dysfunkcjach narządu ruchu, w zespołach bólowych kręgosłupa, po udarach mózgu, po zawale serca, w niektórych chorobach układu oddechowego, w chorobach reumatoidalnych, po zabiegach operacyjnych w jamie brzusznej, przed porodem itp. Kinezyterapię można stosować jako podstawową i jedyną formę leczenia, która może być prowadzona w okresie przedoperacyjnym, jak i po zabiegu. W większości drobnych urazów narządu ruchu, w których kinezyterapia nie jest podstawową formą leczenia, powinno się ją zastosować po zakończeniu leczenia podstawowego lub równolegle z nim.

Aerozoloterapia to metoda wykorzystująca inhalacje jako drogę wziewną dla aerozolu, stanowiąca dogodny, szybko i skutecznie działający sposób doprowadzenia leku lub substancji leczniczych do organizmu.

Lekarz uzdrowski powinien mieć wiedzę interdyscyplinarną, ponieważ w leczeniu sanatoryjnym dużą rolę odgrywa psychoterapia i edukacja zdrowotna w zakresie kształtowania prawidłowych nawyków żywieniowych, rzucenia nałogów i zwiększenia aktywności fizycznej.

W powyższych metodach stosowane są naturalne surowce:

- wody mineralne i lecznicze,
- peloidy,
- gazy.

Stosowane wody są wodami podziemnymi o potwierdzonych właściwościach leczniczych, charakteryzujące się stałym składem chemicznym i czystością mikrobiologiczną. Najczęściej spotyka się wody chlorkowo-sodowe, wodorowęglanowe, siarczko-siarkowodorowe. Stosuje się je do zabiegów balneologicznych, zwłaszcza do kąpieli leczniczych i kuracji pitnej.

Również borowina jest bardzo przydatna pod względem leczniczym. Do zabiegów borowinowych należą: okłady, kąpiele oraz zabiegi ginekologiczne.

Stosowane gazy występują w formie rozpuszczonej w wodzie lub gazowej. W balneologii wykorzystywany jest dwutlenek węgla, siarkowodór, radon, tlen, ozon i powietrze.

W Polsce od dawna, ale nie w tak szerokim zakresie jak dzisiaj, funkcjonują miejsca, w których chorzy rzeczywiście mogą znaleźć nie tylko fachową opiekę lekarską i pielęgnarską, ale również mają możliwość przeprowadzenia badań specjalistycznych i diagnostycznych lub konsultacji, a także wykonania niezbędnych badań laboratoryjnych. Jednocześnie mogą odpoczywać w przepięknej scenerii gór, lasów lub jezior, jak również skorzystać z szerokiej bazy zabiegowej. Do takich miejsc należy między innymi uzdrowisko w Ciechocinku czy Łądku-Zdroju, miejscowość Ameryka koło Olsztynka, Krynica Górską, Krynica Morską, Zakopane i inne. Również tego typu zabiegi przeprowadzane są w jaskiniach solno-jodowych, na przykład w Łądku-Zdroju, Lublinie, Warszawie, Krynicy Górskiej, Bydgoszczy, Krakowie, Sosnowcu, jak również w kopalniach soli, na przykład w Wieliczce.

Jaskinia solno-jodowa – stosuje się tu sól morską w celach leczniczych i rekreacyjnych. Naturalna sól morska zawiera wszystkie niezbędne mikro- i makroelementy potrzebne do stworzenia specyficznego mikroklimatu morskiego, który korzystnie wpływa na samopoczucie i działa relaksująco. W jaskini solno-jodowej leczone są choroby płuc i oskrzeli, schorzenia sercowo-naczyniowe, przewodu pokarmowego, dermatologiczne, nerwice i stany nerwicowe, zaburzenia krążenia, alergie, uczulenia i nadwaga. We wnętrzu groty solnej utrzymuje się stała temperatura na poziomie 22–23°C, wilgotność nigdy nie przekraczająca 40%, jonizacja zawsze ujemna. Specyficzna aura groty została stworzona dzięki odpowiedniemu oświetleniu i nastrojowym dźwiękom natury. Jednocześnie znajdują się tam wygodne rozkładane fotele, przez co pobyt w niej poprawia nasze zdrowie i samopoczucie.

Kopalnia Soli w Wieliczce

Znajduje się ona 135 metrów pod ziemią. W solnej scenerii komory widnieje „Jezioro Wessel”. Komora ta wyposażona jest w urządzenia do ćwiczeń fizycznych, w której odbywają się codziennie siedmiodzinne pobyty lecznicze. W komorze panuje specyficzny mikroklimat, cechujący się wyjątkową czystością bakteriologiczną, a powietrze komory zawiera duże ilości mikroelementów, przede wszystkim leczniczy chlorek sodu, oraz jony magnezu i wapnia. Pobyt w kopalni jest szczególnie korzystny przy leczeniu astmy, alergii, chorób układu oddechowego, chorób skóry, zaburzeń metabolicznych.

Panuje tam duża wilgotność powietrza, która obniża parowanie wody z dróg oddechowych oraz zapobiega niekorzystnemu wysuszaniu błon śluzowych w drogach oddechowych. Występuje w niej stała temperatura powietrza wynosząca 9–12°C. Duże znaczenie mają również ciśnienie, ruch powietrza, jonizacja, promieniowanie świetlne i inne oraz pH (4,5), posiadające właściwości bakteriostatyczne.

9. ZASADY ERGONOMII I PROFILAKTYKI PRZEMYSŁOWEJ

Pojęcie „ergonomii” po raz pierwszy użył i zdefiniował Polak Wojciech Jastrzębowski w 1857 roku. W 1949 roku w Anglii powstało Towarzystwo Badań Ergonomicznych, a w 1979 roku, kluczowym dla ergonomii w Polsce, w Warszawie odbył się VII Kongres IEA zorganizowany przez Jana Rosnera.

W Krakowie osobą nierozzerwalnie związaną z rozwojem ergonomii był prof. dr hab. Andrzej Kontrymowicz-Ogiński. Zasady ergonomii omawiane są szerzej w ramach zajęć z medycyny pracy w Zakładzie Ergonomii Collegium Medicum UJ. W związku z tym w niniejszym opracowaniu przedstawione są tylko niektóre wybrane zagadnienia łączące się z problematyką higieny.

Na rozwój ergonomii wpływały znacząco potrzeby technologii wojskowej podczas II wojny światowej, jak również z biegiem lat coraz to nowocześniejszych technologii, a obecnie rozwój technologii komputerowej w miejscu pracy.

Stan warunków pracy w Polsce jest zły. Według danych Międzynarodowej Organizacji Pracy liczba wypadków przy pracy w krajach Europy Środkowej wynosi 10–20 na 100 tys. osób zatrudnionych. Jest to 3–4-krotnie więcej niż w krajach rozwiniętych.

Wypadki przy pracy najczęściej są skutkiem „nieergonomiczności” stosowanych urządzeń i organizacji procesu pracy.

Również wśród około 979 tys. osób zatrudnionych w 1996 roku w warunkach zagrożenia czynnikami związanymi ze środowiskiem pracy można odnaleźć dowody zaniedbań zasad ergonomii, które odnoszą się do około 101 tys. osób pracujących w niewłaściwych warunkach oświetlenia i około 302 tys. osób pracujących w warunkach nadmiernego obciążenia spowodowanego pracą fizyczną dynamiczną i statyczną, czy mikroklimatem zimowym (około 36 tys.) lub gorącym (około 45 tys.).

Również ekspozycję na nadmierny hałas (około 326 tys.) oraz wibrację (około 38 tys.) zalicza się do grupy czynników środowiska pracy, o ile przekraczają normy higieniczne, a przy nieprzekraczających – powodują uciążliwość w wykonywaniu pracy.

Ergonomia jest nauką interdyscyplinarną zajmującą się przystosowaniem środowiska pracy do psychofizycznych możliwości człowieka oraz zapewnieniem maksymalnej wydajności pracy bez pogorszenia stanu zdrowia pracownika.

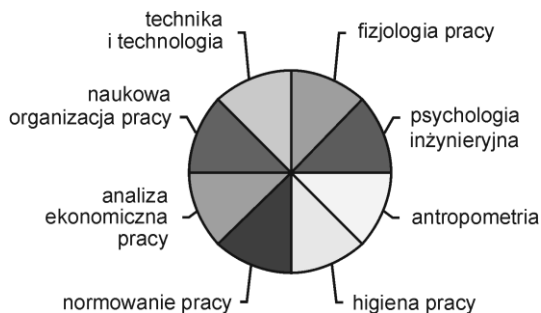
Obok terminu „ergonomia” czasem używa się terminów bliskoznacznych, jak na przykład „inżynieria środowiska”, „biotechnika” czy „antropotechnika”.

Ergonomia występuje pod następującymi postaciami:

- ergonomia korekcyjna, która zajmuje się zmianami w już istniejących maszynach, urządzeniach lub organizacji pracy pod kątem lepszego dostosowania ich do psychofizycznych potrzeb człowieka;
- ergonomia koncepcyjna – ma na celu projektowanie urządzeń i stanowisk pracy dostosowanych do danych warunków pracy. Stanowi najczęściej kompromis między potrzebami biologicznymi a możliwościami techniczno-konstrukcyjnymi, technologicznymi i ekonomicznymi;
- ergonomia badawcza zajmuje się badaniami naukowymi przydatnymi do praktycznego stosowania.

Ergonomia integruje fizjologię, anatomię, psychologię, socjologię i higienę pracy z elementami nauk technicznych oraz naukę o organizacji pracy.

Ergonomia koncepcyjna, zastosowana we wczesnej fazie opracowywania rozwiązań technicznych, jest o wiele bardziej racjonalna i skuteczna niż ergonomia korekcyjna i dlatego do niej należy przyszłość.



Ryc. 2. Podstawowe elementy składowe ergonomii (wg B. Dołęgowskiego i S. Janczała, *Praktyczny poradnik dla służb bhp*)

Pośrednią niejako formą ergonomii korekcyjno-koncepcyjnej jest metoda atestacji (zatwierdzania) prototypów nowych maszyn i urządzeń przed wydaniem zgody na ich produkcję seryjną. Uchwała o atestacji maszyn i urządzeń do pracy zezwala na dopuszczenie do produkcji tylko maszyn i urządzeń, które w pełni odpowiadają wymaganiom ustawy o bezpieczeństwie i higienie pracy (kodeks pracy). Obiecane są przy tym założenia konstrukcyjne oraz ostateczne wyniki badań prototypów.

Z lekarskiego punktu widzenia można ergonomię traktować jako ekologię przemysłową. Ekologia ta ogranicza się nie tylko do opisu i analizy środowiska pracy, ale także dąży do dostosowania tego środowiska do wymagań anatomiczno-fizjologicznych organizmu pracującego człowieka przy wykorzystaniu w tym celu wszystkich dostępnych środków technicznych i organizacyjnych.

Przez środowisko pracy należy w tym przypadku rozumieć nie tylko składniki fizyczne i chemiczne środowiska, ale przede wszystkim człowieka znajdującego się na terenie zakładu pracy jak i poza jego obrębem.

Poza zakładem pracy człowiek sam może usuwać się spod wpływu wielu szkodliwych czynników, natomiast w czasie przebywania na terenie zakładu swoboda jego działania jest ograniczona przez bodźce ekonomiczne, które hamują w znacznym stopniu reakcje obronne.

Dlatego też w każdym zakładzie pracy muszą znajdować się ludzie, którzy będą czuwać nad bezpieczeństwem i zdrowiem poprzez dostrzeganie i usuwanie niezgodności między organizmem i środowiskiem.

W dużych zakładach pracy często powstają tzw. zespoły ergonomiczne, w skład których wchodzi: inżynier konstruktor, lekarz, psycholog, socjolog i ekonomista. Zespół ten dokonuje analiz ergonomicznych istniejących na terenie danego zakładu pracy, czyli prowadzi działalność ergonomii korekcyjnej. Podejmuje też zadania z zakresu ergonomii koncepcyjnej. Dzięki takiemu zespołowi zostają spełnione wymagania ergonomiczne, urządzenia stają się wygodne i dostosowane do indywidualnych parametrów antropometrycznych, nieoddziałujących szkodliwie na zdrowie użytkownika.

Taka ocena i diagnozowanie przez zespół ergonomiczny wszystkich czynników środowiska pracy i bytowania człowieka, które mają wpływ na kształtowanie się korzystnych warunków tych środowisk to **monitoring ergonomiczny**.

W ramach monitoringu ergonomicznego przeprowadza się badania antropometryczne, które pozwalają na projektowanie różnych urządzeń i wnętrz dostosowanych do różnych pozycji ciała (stojącej, siedzącej, kucznej i klęczącej). Badania te przeprowadza się na różnych populacjach wiekowych. Przeprowadza się również badania antropometryczne osób niepełnosprawnych pozwalające na wyposażenie ich we właściwe urządzenia ułatwiające im życie.

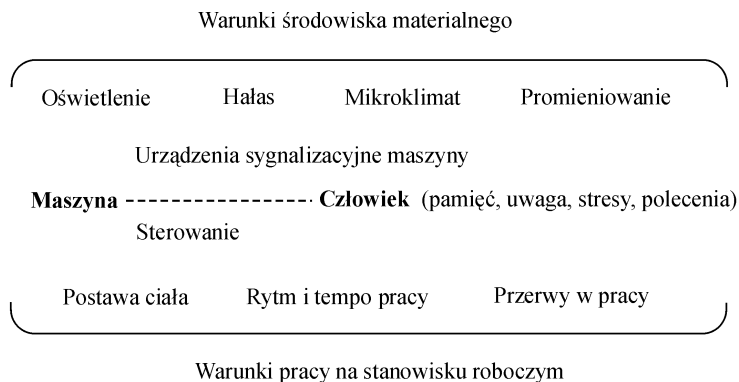
W opracowaniach dotyczących analiz stanowisk pracy zespoły ergonomiczne opierają się na ergonomicznej liście kontrolnej.

Podstawą do badań praktycznych i rozważań teoretycznych dotyczących analiz ergonomicznych jest tzw. lista „dortmundzka” zawierająca 361 pytań. Dzięki niej otrzymuje się bardzo szybko najlepsze wyniki przy badaniach pojedynczych stanowisk pracy.

Człowiek jest powiązany w sposób wieloraki z czynnikami, od których zależy właściwe wykonanie jego pracy.

Do analizy ergonomicznej podstawowymi pojęciami są układy:

- człowiek – maszyna,
- człowiek – materialne środowisko.



W układzie tym centralną pozycję zajmuje człowiek, a przedmiotem analizy ergonomicznej są jego powiązania z maszyną oraz materialnym środowiskiem pracy i stanowiskiem roboczym.

Metoda analizy pracy prowadzonej pod kątem rozpoznania rodzaju i wielkości obciążenia zawodowego ułatwia działalność w zakresie ergonomii korekcyjnej i koncepcyjnej.

Cechą naszej gospodarki jest szybki rozwój techniki i częściowo z tym związane wprowadzenie nowych technologii, chemizacji, nowych rodzajów energii itp.

Dotychczasowe procesy produkcyjne i metody pracy ulegają stałej, niejednokrotnie gwałtownej modernizacji.

Technika coraz skuteczniej wyręcza człowieka, ale to stwarza inne uciążliwości zagrożające zdrowiu.

Znacznie szybciej niż znikanie nadmiernego obciążenia fizycznego pracą zawodową narastają różnorodne inne zawodowe uciążliwości mięśniowe, sprzyjające powstawaniu zmęczenia (uproszczone i monotonne czynności w pozycji wymuszonej, stale siedzącej lub stojącej, mało ruchliwej, niekiedy pochylonej).

Stanowisko pracy jest pojęciem bardzo ogólnym. Można mówić na przykład o stanowisku pracy przy komputerze, taśmie montażowej, w centrali telefonicznej, w kabinie samochodu ciężarowego czy pracy lekarza. Stanowisko pracy jest układem, w którym człowiek za pomocą środków pracy (maszyn, narzędzi, przyrządów itp.) w określonej przestrzeni i środowisku wykonuje zorganizowane czynności, mające na celu wytworzenie użytecznych wartości.

Pracownik tak długo nie uświadamia sobie wpływu warunków mikroklimatu pracy, dopóki zapewniają mu one normalne funkcjonowanie. W Polsce obowiązują następujące normy dotyczące mikroklimatu stanowiska pracy: PN-85/N-08011 – Ergonomia. Środowiska gorące: PN-85/N-08013 – Ergonomia. Środowisko termicznie umiarkowane: PN-85/N-08009 – Ergonomia. Środowiska zimne.

Właściwy mikroklimat w środowisku pracy jest ważnym czynnikiem wpływającym na zdrowie pracownika, jego samopoczucie przez wydajność pracy. Na pojęcie mikroklimatu środowiska pracy składa się dużo parametrów, z których najważniejsze to: temperatura, wilgotność względna powietrza, prędkość ruchu powietrza. Ważnymi czynnikami są również: pora roku, miejsce wykonywania pracy, otoczenie, wiek, płeć pracownika, rodzaj wykonywanej pracy, pozycja, w której praca jest wykonywana, wielkość wysiłku fizycznego wykonywanego przez pracownika.

Temperatura gwarantuje pracownikowi pełną sprawność psychiczną. Odpowiadającą strefie komfortu temperaturą jest 18–20°C. Jeśli temperatura w pomieszczeniu w którym przebywa pracownik przekracza 20°C (do 25°C), u zatrudnionych obserwuje się drażliwość i obniżenie chęci do pracy. Sprawność psychofizyczna jest jeszcze dostateczna, ale popełnia on pierwsze błędy. Gdy temperatura w pomieszczeniu biurowym osiąga 25–30°C, pracownicy odczuwają otępienie, tempo pracy umysłowej jest wówczas minimalne oraz występują trudności w koncentracji. Liczba popełnianych błędów wzrasta. Również niska temperatura jest źródłem uciążliwości pracy. Za takie warunki uważa się w pomieszczeniu temperaturę poniżej 14°C.

Powietrze jest czynnikiem, który również warunkuje pracę w środowisku biurowym. Powinno się wietrzyć pomieszczenia 3–8 razy na godzinę. Pracownicy wykonujący spokojną pracę przy biurku zużywają w ciągu minuty 20 litrów powietrza przy ciśnieniu w pomieszczeniu 760 mmHg. Pomieszczenia, które są przeznaczone dla ludzi, powinny mieć odpowiednią wymianę powietrza przez zastosowanie wentylacji naturalnej lub mechanicznej albo łącznie jednej i drugiej. Najbardziej rozpowszechnionym rodzajem wentylacji jest wentylacja naturalna. Zależy ona od warunków atmosferycznych, pory roku, pogody oraz lokalizacji budynku.

Wilgotność względna powietrza – to stosunek ilości pary wodnej zawartej w powietrzu do ilości maksymalnej, przy danej temperaturze. Wyraża się ją w procentach. Optymalne warunki wilgotności powietrza są zależne w dużym stopniu od temperatury otoczenia. Pracownicy mają dobre samopoczucie, jeżeli:

- w temperaturze 12°C względna wilgotność powietrza wynosi 50–70%,
- w temperaturze 20°C względna wilgotność powietrza wynosi 40–50%,
- w temperaturze 25°C względna wilgotność powietrza wynosi 35–40%.

Ruch powietrza jest trzecim ważnym parametrem mikroklimatu środowiska pracy. Dopływ powietrza na stanowisko pracy może być zapewniony w sposób naturalny. W cieplej porze roku optymalna prędkość ruchu powietrza wynosi 0,2–0,5 m/s, nato-

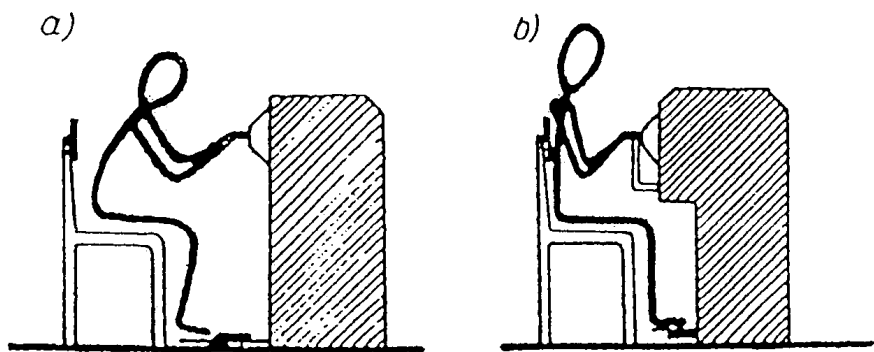
miast w zimnej porze roku od 0,2 do 0,3 m/s. Ruch powietrza w niskiej temperaturze wzmacnia uczucie zimna, w umiarkowanych powoduje pewne ochłodzenie, natomiast w wysokich (powyżej 35°C) nie przynosi ulgi, ale zwiększa uczucie gorąca. Ważną rzeczą jest w miarę możliwości częste wietrzenie pomieszczeń.

Ergonomia ma charakter profilaktyki lekarskiej, ponieważ głównym jej celem jest ochrona pracującego człowieka przed kalectwem (profilaktyka wypadków) lub chorobą zawodową (profilaktyka chorób zawodowych).

Człowiek może wykonywać pracę statyczną, gdy ciało podczas wysiłku znajduje się w bezruchu, lub dynamiczną, gdy wysiłkowi człowieka towarzyszy również ruch ciała.

Przyczyną wielu wypadków przy pracy jest zmęczenie fizjologiczne organizmu. Obniżenie sprawności fizycznej pracownika jest spowodowane koniecznością przybierania przez daną osobę wymuszonych pozycji ciała. Powoduje to stałe napięcie statyczne pewnych grup mięśni, czego konsekwencją jest zmęczenie fizyczne i psychiczne.

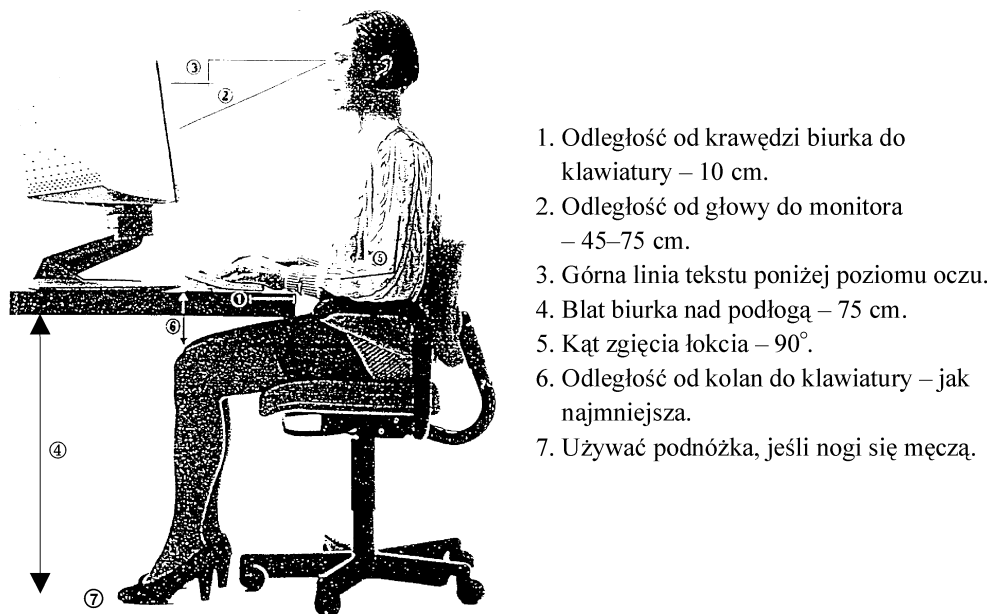
Krzesło decyduje niejednokrotnie o komforcie lub uciążliwości pracy siedzącej. Polskie normy przewidują dość precyzyjne wymagania będące na naszym rynku. Do ważnych wymiarów funkcjonalnych krzeseł biurowych zalicza się: wysokość, głębokość i szerokość siedziska, szerokość oparcia, kąt odchylenia oparcia, odległość między podłokietnikami (poręczami), wysokość poręczy nad siedziskiem, promień krzywizny oparcia. Wysokość siedziska powinna być regulowana przez osobę użytkującą dane krzesło, a także powinna zapewnić komfort korzystania z pozostałych mebli lub wyposażenia. Mechanizm regulacji wysokości powinien być łatwy do obsługi z pozycji siedzącej i nie powinien wymagać użycia dużej siły. Gdy krzesło jest przeznaczone do wielu celów i zajmowane jest przez dłuższy czas, wskazane jest wyposażenie go w mechanizm kołyskowy, który umożliwi synchroniczne pochylenie do przodu siedziska wraz z oparciem pleców. Ten mechanizm powinien mieć blokadę wybranej pozycji siedziska:



- a) niewłaściwa konstrukcja maszyny i siedziska jest powodem męczącej pozycji ciała; tułów jest pochylony do przodu, ręce są stale wyciągnięte ku przodowi; zbyt mała odległość przedmiotu pracy od oczu; zły kąt patrzenia; stałe napięcie statyczne mięśni grzbietu, pasa barkowego i ramion;
- b) zmiana kształtu maszyny pozwala na umieszczenie pedału tak, że siedzisko może znajdować się bliżej maszyny, dzięki czemu pracownik siedzi prosto, może oprzeć plecy; zmniejszenie odległości wyciągania ramion ku przodowi i zainstalowanie podpórki do rąk w dużym stopniu usuwa konieczność napięcia statycznego mięśni ramion i pasa barkowego.

Ryc. 3. Przykład prawidłowej i nieprawidłowej postawy człowieka pracującego przy maszynie o złej konstrukcji i siedzisku (wg Dołęgowskiego i Janczała, *Praktyczny poradnik dla służb bhp*)

Duża grupa ludzi pracuje również przy **komputerach**. Muszą być spełnione określone wymagania dotyczące usytuowania komputera. Komputer powinien stać na biurku lub specjalnym stoliku, w pomieszczeniu z wentylacją. Temperatura powietrza wokół komputera powinna wynosić około 21–22°C, wilgotność względna powietrza 50–65%. Kable, przewody zasilające i zasilacz awaryjny nie powinny płatać się po podłodze. Sprzęt komputerowy nie powinien być podłączony prowizorycznie. Na biurku prócz komputera powinno być miejsce na dokumenty, książki, dyskietki, ewentualnie drukarki. Biurko powinno mieć fakturę matową lub półmatową. Ważne jest oświetlenie (500–600 luksów). Gdy pracuje się wyłącznie na ekranie, to najlepsze jest oświetlenie niezbyt jasne. Gdy nie tylko korzysta się z ekranu, ale również z tekstów drukowanych, to oświetlenie powinno być mocniejsze. Bardzo szkodliwe są odbicia wnętrza pokoju lub okna na szybie ekranu. Niewskazane jest także siedzenie przy komputerze twarzą do okna. Odległość twarzy człowieka od monitora powinna wynosić od 450 do 750 mm. Ekran monitora powinien być czytelny przy kącie patrzenia do 40 stopni (względem linii prostopadłej do jego powierzchni), a minimalna wielkość ekranu (przekątna) powinna wynosić 14 cali.



Ryc. 4. Właściwa pozycja człowieka pracującego przy komputerze

Monitory są źródłem ładunków elektrostatycznych i promieniowania elektromagnetycznego. Producenci w coraz nowszych modelach starają się, by to oddziaływanie jak najbardziej zmniejszyć. Powinno się stosować filtry, które zatrzymują 100% promieniowania z czołowej powierzchni monitora, neutralizują ładunki elektrostatyczne, zwiększają ostrość obrazu. Podczas pracy przy komputerze ważna jest pozycja ciała człowieka. Klawiatura powinna znajdować się 7–10 cm poniżej powierzchni biurka,

które ma najczęściej 75 cm wysokości. Przy pisaniu na klawiaturze komputera nie należy opierać łokci na blacie, ponieważ powoduje to poważne dysfunkcje kończyn górnych. Klawiatura nie powinna znajdować się wyżej niż stawy łokciowe. Idealne jest ułożenie klawiatury na wysokości łokci, by ich dolna krawędź oddalona była o 10 cm od krawędzi blatu. Ta przestrzeń umożliwia oparcie tylnych części dłoni. Jeżeli nie ma oparcia, to wielogodzinne pisanie przeciąża kręgosłup.

Tabela 23

Częstość zaburzeń układu ruchu u osób pracujących przy komputerach

Części ciała narażone na dolegliwości związane z długą pracą przy komputerze	% osób u których stwierdza się dolegliwości
Głowa	48
Szyja i obręcz barkowa	51,2
Kończyny górne	24,3
Okolice lędźwiowa	45,5
Pośladki	7,6
Uda	19
Kolana i podudzia	29

Piśmiennictwo

- Augustyńska D., Pośniak M. (red.), *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne*, Wyd. CIOP – PIB 2005.
- Batogowska A., Hałacz J., *Przewodnik do ćwiczeń z ergonomii*, Wyd. UWM, wyd. I, 2002.
- Bogusławski W., Ejsmont J., Krecuniak A., *Higiena zagadnienia wybrane*, Akademia Medyczna w Gdańsku, Gdańsk 1986.
- Dołęgowski B., Janczał S., *Praktyczny poradnik dla służb bhp*, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z o.o., Gdańsk 1998.
- Dz.U. RP, Nr 178, poz. 1841, Warszawa 2004. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku.
- Engel Z., *Ochrona środowiska pracy przed drganiami i hałasem*, AGH, Kraków 1980.
- Helbin J., Kolarzyk E., *Wykorzystanie walorów środowiska naturalnego w wspomaganiu leczenia farmakologicznego*, Probl. Hig. i Epid. 86(1): 22–26, 2005.
- Harazin B., *Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych narażenia zawodowego*, Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, R 17, nr 1(27): 177–211, 2001.
- Jethon Z. (red.), *Medycyna zapobiegawcza i środowiskowa*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1997.
- Jurczak M.E., *Wpływ wibracji na ustrój*, PZWL, Warszawa 1974.
- Kochański W., *Balneologia i hydroterapia*, Wyd. AWF, Wrocław 2002.
- Kolarzyk E. (red.), *Wybrane problemy higieny i ekologii człowieka*, Elementy biometeorologii i klimatologii – J. Helbin, Wyd. UJ, Kraków 2000.
- Koradecka D. (red.), *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia. Bezpieczeństwo pracy*, Wyd. CIOP, 2001.
- Kowal A.L., *Technologia wody*, Arkady, Warszawa 1997.
- Kozłowski C., *Nielaserowe promieniowanie nadfioletowe i podczerwone [w:] Ocena ryzyka zawodowego*, CIOP, wyd. 2 zaktualizowane, Warszawa 2001.

- Marcinkowski J.T. (red.), *Podstawy higieny*, Wrocław 1997.
- Marszałek A., Sołtyński K., *Człowiek w warunkach obciążenia termicznego*, CIOP, Warszawa 2001.
- Mika T., Kasprzak W., *Fizykoterapia*, Wyd. Lek. PZWL, wyd. 4, Warszawa 2001.
- PN-81/N-01306; PN-ISO 1996-1:1999 Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Podstawowe wielkości i procedury.
- PN-ISO 1996-3:1999 Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Wytyczne dotyczące dopuszczalnych poziomów hałasu.
- PN-87/B-02151.02 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem pomieszczeń w budynkach. Dopuszczalne wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach.
- PN-86/N-01321 Hałas ultradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomu ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- PN-86/N-01338 Hałas infradźwiękowy. Dopuszczalne wartości poziomów ciśnienia akustycznego na stanowiskach pracy i ogólne wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- PN-N-01307:1994 Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- PN-91/N-01352 Drgania. Zasady wykonywania pomiarów na stanowiskach pracy.
- Ponikowska I., *Wykorzystanie naturalnych metod leczenia uzdrowiskowego w rehabilitacji chorych*, Mat. Konf. Ciechocinek 31V–2 VI 2002, WTN, 2002.
- Ponikowska I., *Podstawy kliniczne balneologii i medycyny fizykalnej*, Służba Zdrowia, 63–66(3058–3061), 2001.
- Ponikowska I., *Medycyna uzdrowiskowa – istota, rola, kierunki działania*, Uzdrowiska Polskie – Informator, Izba Gospodarcza Uzdrowiska Polskie, 1999.
- Ponikowska I. (red.), *Medycyna uzdrowiskowa w zarysie*, Warszawa 1995.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 stycznia 2002 roku w sprawie wartości progowych poziomów hałasu – Dz.U. RP, Nr 8, poz. 81, Warszawa 2002.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 października 2002 roku w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinien odpowiadać program ochrony środowiska przed hałasem – Dz.U. RP, Nr 179, poz. 1498, Warszawa 2002.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – Dz.U. RP, Nr 75, poz. 690, Warszawa 2002.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 roku w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy – Dz.U. RP, Nr 217, poz. 1833, Warszawa 2002.
- Sołtyński K. i inni, *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy – wartości dopuszczalne*, D. Augustyńska, M. Pośniak (red.), CIOP, Warszawa 2001.
- Suchecka M., *Bezpieczeństwo i higiena pracy na stronach internetowych Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu badawczego*, Bezpieczeństwo Pracy 2, 28–32, 2004.
- Wolska A., Marzec S., Owczarek G., *Zasady higienicznej oceny nielaserowego promieniowania optycznego*, CIOP, Warszawa 2001.
- Wolska A., Pawlak A., *Oświetlenie elektryczne [w:] Ocena ryzyka zawodowego*, CIOP, wyd. 2 zaktualizowane, Warszawa 2001.
- Wolska A., Pawlak A., *Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy [w:] Bezpieczeństwo i Ochrona Człowieka w Środowisku Pracy*, t. 12, wyd. 3 poprawione, Warszawa 2001.
- Zembały A., *Kinezyterapia. Tom 1: Zarys podstaw teoretycznych i diagnostyk kinezyterapii*, Kasper, wyd. 1, Kraków 2002.
- Zembały A., *Kinezyterapia. Tom 2: Ćwiczenia z kinezyterapii i metody kinezyterapeutyczne*, Kasper, wyd. 1, Kraków 2003.